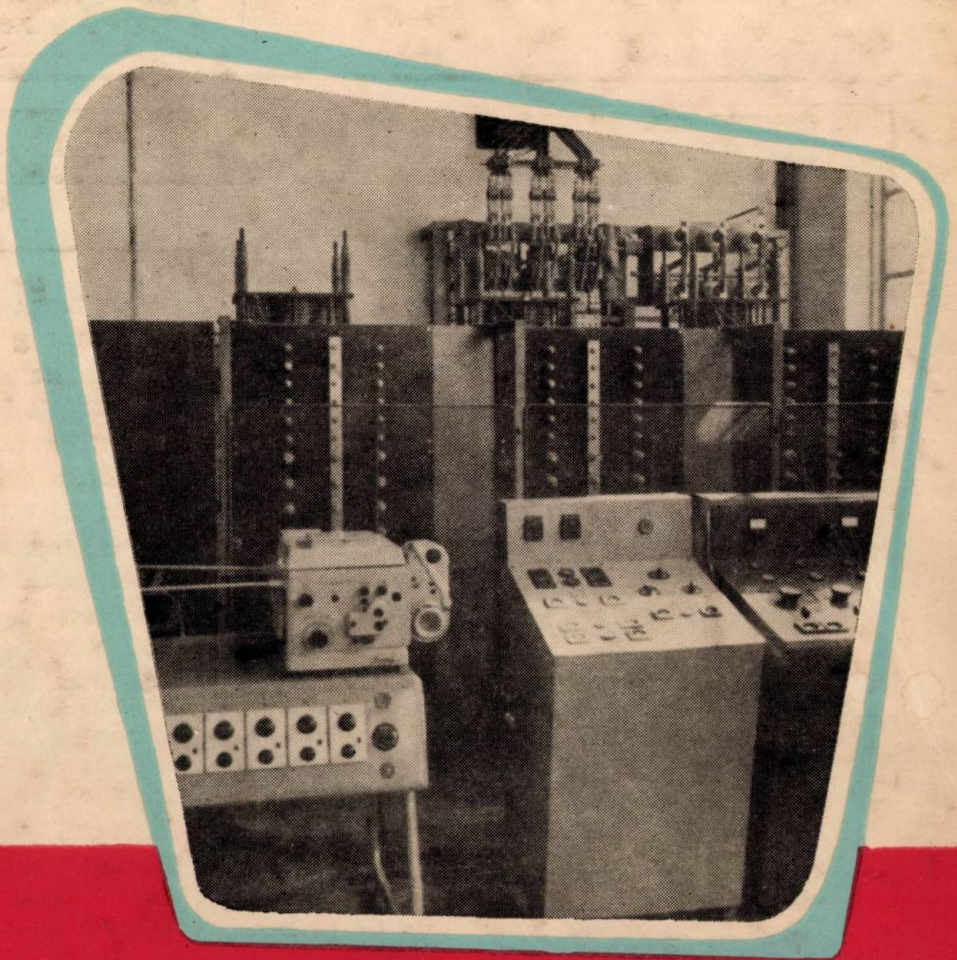
E 2040
REFERATIVA
R
KAT

ELECTROTEHNICA



1

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 10 ★ nr. 1 ★ p. 1 — 40 ★ ianuarie 1962

MUNCITORI TEHNICIENI INGINERI —

Editura tehnică publică cărți tehnice în următoarele domenii ale tehnicii și științelor aplicate: metalurgie, construcții de mașini și utilaje, energetică, electrotehnică, automatică, electronică industrială, radio, televiziune, telecomunicații cu fir, chimie, industrie chimică, geologie, mine, petrol și gaze, construcții, materiale de construcții, instalații, industria lemnului, industrie ușoară, industrie alimentară, transporturi, matematică, fizică, dicționare-lexicoane, arhitectură.

Cărțile apărute în Editura tehnică se pot procura:

- DIN LIBRĂRIILE DE LA ORAȘE ȘI SATE;
- PRIN MAGAZINELE COOPERAȚIEI DE CONSUM;
- PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN ÎNTREPRINDERI ȘI INSTITUȚII;
- PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN COMUNE ȘI SATE.

PENTRU A CONTRIBUI LA ÎMBUNĂTĂȚIREA ACTIVITĂȚII EDITORIALE CU PRIVIRE LA LITERATURA TEHNICĂ, TRIMITEȚI OBSERVAȚIILE ȘI PROPUNERILE DVS. LA:

EDITURA TEHNICA

STR. ȘTIRBEI VODĂ NR. 37
RAIONUL GH. GHEORGHIU-DEJ
BUCUREȘTI

INGINERII ȘI TEHNICIENII

ABONAȚI-VĂ PE ANUL 1962

la revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor în colaborare cu departamentele economice de resort. Revistele contribuie la ridicarea nivelului pregătirii profesionale a cadrelor tehnice din producție, învățământ, cercetare și proiectare prin publicarea de articole și note privind ultimele realizări obținute în științele tehnice din țară și străinătate.

★

Costul unui abonament anual pentru ingineri și tehnicieni: Metalurgia și Construcția de Mașini 48 lei; celelalte reviste 30 lei; Gazeta „Tehnica Nouă" 26 lei; pentru biblioteci, instituții, cabinete tehnice etc. 100 lei la oricare revistă și 26 lei la gazeta „Tehnica Nouă". Plata se face prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin sau la casieria noastră, București, str. Ion Ghica nr. 3, et. I, Raionul T. Vladimirescu

Apar:

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA
CELULOZĂ ȘI HÎRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UȘOARĂ
METALURGIA ȘI CONSTRUCȚIA DE MAȘINI
PETROL ȘI GAZE
REVISTA DE CHIMIE
INDUSTRIA ALIMENTARĂ produse animale
INDUSTRIA ALIMENTARĂ produse vegetale
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAȚII
GAZETA „TEHNICA NOUĂ"

CUPRINS

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

CZ 621.3 : 05(498) „1962"

Tematica pe anul 1962

Electrotehnica, **10** (1962), 1, 1–2

CZ. 621.385.83.013.00.2

Iliescu C., Haltrich Şt., Leibovici I. : **Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului I.F.A. Determinarea poziţiei orbitei de echilibru**

Electrotehnica **10** (1962), 1, 3–10

În lucrare sînt prezentate mai multe metode de determinare a razei orbitei stabile, aplicate în cadrul lucrărilor de punere în funcţiune a betatronului Institutului de fizică atomică. Sînt descrise şi analizate din punct de vedere al erorilor unele metode magnetice şi o metodă radiometrică.

În încheiere se descrie o metodă de determinare a variaţiei poziţiei orbitei stabile în decursul procesului de accelerare.

CZ. 621.316.17 : 728

Cosmin Gh. : **Tendinţe moderne în construcţia aparatajului pentru instalaţii interioare în locuinţe**

Electrotehnica **10** (1962), 1, 11–17

Sînt prezentate principiile constructive ale aparatajului modern pentru instalaţii interioare: întreruptoare şi comutatoare, prize şi fişe, cuple, siguranţe fuzibile şi siguranţe automate. Este evidentă tendinţa pentru construcţii tehnologice, pentru performanţe înalte, pentru forme adaptate funcţional şi estetic noilor linii arhitecturale.

Se arată aparatele puse în fabricaţie şi cele în curs de asimilare în ţara noastră.

ŞTIRI CEI

CZ. 621.315.61(03)

Rădulet R., Lefter C., Raicu V. : **Enciclopedia materialelor electroizolante**

Electrotehnica **10** (1962), 1, 18–29

Diversitatea şi numărul din ce în ce mai mare de materiale electroizolante fac ca alegerea lor de către constructorii de maşini şi aparate electrice să fie foarte dificilă. Enciclopedia materialelor electroizolante face posibilă o alegere rapidă a materialelor celor mai potrivite pentru domeniul de aplicaţie dorit. Ea dă o clasificare a materialelor pe considerente practice, prezentînd apoi sub formă de tablouri sinoptice şi fişe documentare proprietăţile generale ale grupurilor de materiale, destinaţia lor, modul de folosire etc. Se prevede şi întocmirea unor monografii. O astfel de lucrare cere desigur o muncă uriaşă pe plan internaţional, la care este de dorit să participe şi ţara noastră, ca membră a Comisiei Electrotehnice Internaţionale.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.3.011.3

Semlyén A. : **Contribuţii privind proprietăţile impedanţelor diferenţiale**

Electrotehnica **10** (1962), 1, 29–33

CRONICĂ, 34–35
SCURTE ŞTIRI DIN STRĂINĂTATE, 35
REFERATE, 36–38
RECENZII, 38
BREVETE, 39–40

Fotografia de pe coperta I reprezintă laboratorul de joasă tensiune al I.C.E.T., pupitrele de comandă, oscilografele și circuitele de alimentare ale stației de încercări la puterea de rupere 37,5 kA, 550 V, iar fotografia de pe coperta a IV-a reprezintă sala de înaltă tensiune a I.C.E.T., generatorul de impulsuri de tensiune 1MV și bateria de condensatoare a generatorului de impulsuri de curent

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.3:05(498) „1962"

Специальная тематика на 1962 год.

Electrotehnica **10** (1962) 1, 1–2

ДК 621.385.83.013.0012.

Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I.: **Измерение магнитных параметров бетатрона Института атомной физики (ИАФ). Определение положения орбиты равновесия.**

Electrotehnica **10** (1962) 1, 3–10

В работе представлено несколько методов определения радиуса устойчивой орбиты, используемых в пусковых работах бетатрона ИАФ. Описываются и анализируются с точки зрения погрешностей некоторые магнитные методы и один радиометрический метод. В заключение описывается метод определения колебания положения устойчивой орбиты во время процесса ускорения.

ДК 621.316.17:728.

Cosmin Gh.: **Современные направления в конструкции аппаратов для внутренней проводки в жилых помещениях.**

Electrotehnica, **10** (1962) 1, 11–17

Представлены конструктивные принципы современного оборудования для внутренней проводки: выключатели и пе́реключатели, розетки и штепселя, включатели, плавкие и автоматические предохранители. Очевидно направление к технологическим конструкциям, высоким показателям, формам функционально и эстетически согласующимся с новыми архитектурными линиями. Указывается оборудование, производимое в нашей стране или находящееся в освоении.

ИЗВЕСТИЯ М.Э.К.

ДК 621.315.61.(03).

Rădulef R., Lefter C., Raicu V.: **Энциклопедия электроизоляционных материалов.**

Electrotehnica **10** (1962), 1, 18–29

Разнообразие и непрерывно растущее число электроизоляционных материалов затрудняет их выбор машиностроителями и строителями электроприборов. Энциклопедия электроизоляционных материалов позволяет быстро выбрать наиболее подходящие материалы по назначению. Она дает классификацию материалов по практическим соображениям, затем дает в форме наглядных таблиц и документационных карточек общие свойства групп материалов, их назначение, способ использования и т.д. Предусмотрено и составление некоторых монографий. Такая работа представляет колоссальный труд интернационального порядка, в которой желательно, чтобы приняла участие и наша страна, как член Международной Электротехнической Комиссии (МЭК).

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621-3.011.3

Semlyen A.: **Относительно свойств дифференциального полного сопротивления.**

Electrotehnica, **10** (1962), 1, 29–33

ХРОНИКА, 34–35

КРАТКИЕ ИЗВЕСТИЯ ИЗ–ЗА РУБЕЖА, 35

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 36–38

РЕЦЕНЗИИ, 38

ПАТЕНТЫ 39–40

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3:05(498) „1962"

Die Sonderthematik für das Jahr 1962

Electrotehnica, **10** (1962) 1, 1–2

DK.621.384.83.013.0012.

Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I. : **Das Messen der magnetischen Parameter des I.F.A.—Betatrons. Die Bestimmung der Stellung der Sollkreisradius.**

Electrotehnica **10** (1962) 1, 3–10

Im Aufsatz werden mehrere Verfahren zur Bestimmung des Radius der stabilen Bahn dargelegt, die bei der Inbetriebnahme des Betatrons des Instituts für Atomphysik angewandt wurden. Einige magnetische Verfahren und ein radiometrisches Verfahren werden vom Standpunkt der Messfehler beschrieben und analysiert.

Abschliessend wird ein Verfahren zur Bestimmung der Schwankungen der Stellung der stabilen Bahn im Laufe des Beschleunigungsprozesses beschrieben.

DK. 621.316.17 . 728

Cosmin Gh. : **Moderne Richtungen im Bau der Geräte für Innenanlagen in Wohnräumen.**

Electrotehnica, **10** (1962) 1, 11–17

Es werden die Konstruktions- Prinzipien der modernen Geräte für Innenanlagen dargelegt : Steckdosen und Stecker, Kupplungen, Schmelzsicherungen und Sicherungsautomaten. Vorherrschend ist die Tendenz nach technolgischen Fertigungen, für hohe Leistungen, für Formen die betriebstechnisch wie auch ästhetisch den neuen architekturlichen Linien entsprechen sollen.

Die in unserem Land in die Produktion aufgenommenen, Apparate, wie auch, die, die noch gebaut werden, werden im Aufsatz beschrieben.

CEI- NACHRICHTEN

DK.621.315.61 (03)

Rădulet R., Letter C., Raicu V. : **Die Enzyklopädie der elektrischen Isolierstoffe.**

Electrotehnica **10** (1962) 1, 18–29

Die Vielfalt und die immer grössere Anzahl von elektrischen Isolierstoffen führte dazu, dass es für die Konstrukteure von elektrischen Maschinen und Apparaten sehr schwierig wird, die entsprechende Wahl zu treffen. Die Enzyklopädie der elektrischen Isolierstoffe gestattet eine rasche Wahl der geeignetesten Stoffe für das gewünschte Anwendungsgebiet. Sie enthält eine Klassifikation der als praktisch angesehenen Stoffe und zeigt in Form von synoptischen Tabellen und Dokumentationskarteien die allgemeinen Eigenschaften der Materialiengruppen an, ferner ihre Bestimmung, die Anwendungsweise usw.

Eine solche Arbeit erfordert eine gewaltige internationale Zusammenarbeit, an der sich unser Land als Mitglied der Internationalen Elektrotechnischen Kommission beteiligen wird.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621,3.011.3

Semlyén A. : **Beiträge über die Eigenschaften der Differential-Scheinwiderstände.**

Electrotehnica **10** (1962) 1, 29–33

CHRONIK 34–35

KURZBERICHTE AUS DEM AUSLAND 35

UMSCHAU 36–38

BUCHBESPRECHUNG 38

PATENTS 39–40

E 2040

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR

SUMAR ŞI INDEX ALFABETIC DE AUTORI

ANUL 10

1962

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei : de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase : de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultatele obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în **general cunoscute.**

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pertu articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul luna şi numărul, anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. În notă se vor indica : titluri. funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

In scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumări pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi **inseratele.**

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimentele politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articole tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu subliniere importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri la articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura regăsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba romînă şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba romînă.

In acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşoare a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de orginalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrate) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv şi care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Norme şi standarde constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificaţie zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane (care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.

SUMAR

1. CZ 06 COLECTIVITĂȚI, CONGRESE, ȘTIRI

CZ 06 : 621.3 Electrotehnica (498)

1. 1 *Consfătuire cu cititorii revistei „Electrotehnica"* (Cronică : Gîrzu M.)

5, 188

CZ 061.3 : 621.3 : CEI (498) „1962"

1. 2 *Cea de-a XXVII-a Reuniune Generală a CEI*

5, 181

CZ 061.3 (498.11) : 621.32

1. 3 *Tendințe noi în dezvoltarea iluminatului public* (Cronică : A. A.)

4, 147–148

CZ 061.3 (498) : 62 I.P.B.

1.4 *Sesiunea de comunicări științifice a cadrelor didactice din I.P.B.* (Cronică : Carabulea A.)

12. 474

CZ 061.3 (498.21) : 621.32

1. 5 *Sesiunea științifică de la Uzinele „Electroputere"* (Cronică : A. A.)

4, 148

CZ 061.3 (498) : 621–52

1. 6 *Sesiune științifică de comunicări în domeniul automaticii* (Cronică : A. A.)

4, 147

CZ 061.3 (100) : 621.3 CEI : 621.32

1. 7 Pușcașu A., Savopol D. : *Probleme actuale în discuția CT 34 al CEI*

4, 143

CZ 061.3 : 621.3 „1962"

1. 8 CER : *Salut adresat celei de-a XXVII-a Reuniuni Generale a CEI*

6, 189–190

CZ 061.4 : 621.3 (43)

1. 9 *Tîrgul de primăvară de la Leipzig* (Cronică : Gîrzu M.)

4, 144–145

CZ 620.92 Utilizarea surselor de energie

1. 10 *Referate*

8 (1), 11 (1)

2. CZ 537.311.33 SEMICONDUCTOARE

CZ 537.311.33 : 546.28 : 621.315.59

2. 1 Roman P., Rittenberg V., Didiv B., Bălănel E. : *Obținerea monocristalelor de siliciu de mare puritate*

2–3, 41–52

CZ 537.311.33 : 546.28 : 621.314.63

2. 2 Alper S. : *Ventile de putere cu germaniu și siliciu*

2–3, 60–72

3. CZ 621.3 ELECTROTEHNICA

CZ 621.3 : 05 (498) „1962"

3. 1 *Tematica pe anul 1962*

1, 1–2

CZ 621.3.011.3

3. 2 Semlyén A. : *Contribuții privind proprietățile impedanțelor diferențiale*

1, 29–33

CZ 621 + 621.312 : 658.5

3. 3 Ivancenco A. : *Unele probleme privind eficacitatea economică a introducerii tehnicii noi*

6, 206–214

CZ 621 : 081.4 (437)

3. 4 *Expoziția industrială cehoslovacă* (Cronică : Gîrzu M.)

7, 282–284

CZ 621.3 : 092 Dobrovolski

3. 5 *100 de ani de la nașterea lui Nikolai Dolivo-Dobrovolski* (Cronică : A.A.)

1, 34–35

CZ 621.3 (075)

3. 6 Lunze K. și Wagner E. : *Introducere în electrotehnică* (Recenzie : Avramescu A.)

7, 277

CZ 621.3 Electrotehnică generală

3. 7 *Referate*

4 (2), **7** (4), **10** (1), **11** (1) 12 (2)

4. CZ 621.311 CENTRALE ELECTRICE, INSTALAȚII DE ALIMENTARE CU ENERGIE ELECTRICĂ

CZ 621.311 : 621.312 (47)

4. 1 Avramescu A., Tănăsescu Fl. : *Progresele realizate și perspectivele dezvoltării industriei electroenergetice și electrotehnice în U.R.S.S.*

11, 401–408

CZ 621.311.1 (498) (09)

4. 2 Gheorghiu N. : *Dezvoltarea industriei energetice în R.P.R.*

6, 198–205

CZ 621.311.163 : 621.316.577.067.5

4. 3 Banu Gh. : *Un dispozitiv de anclanșare automată a sursei electrice de rezervă (AAR)*

4, 140–142

CZ 621.311 Rețele electrice

4. 4 *Referate*

11 (1)

5. CZ 621.312 INDUSTRIA ELECTRICĂ

CZ 621.312 (498) (09)

5. 1 Ghiță N. : *Progresul industriei electrotehnice în R.P.R.*

6, 191–197

CZ 621.312 (498) UEPC (09)

5. 2 Popovici Vl., Stanciu V.: *Uzinele Electroputere-Craiova, creaţie a regimului de democraţie populară*

6, 215–225

CZ 621.312 : 621.39 (498) (09)

5. 3 Lăzăroiu F. D.: *Dezvoltarea industriei electronice în R.P.R.*

6, 231–236

6. CZ 621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.017.001.5

6. 1 Şora I.: *Determinarea pierderilor în maşini electrice prin efectuarea încercării de lansare*

11, 408–410

CZ 621.313.045.1 : 621.315.614/616

6. 2 Lefter V.: *Unele probleme privind calculul şi construcţia maşinilor electrice de joasă tensiune în duze de izolaţie superioare clasei A*

10, 371–375

CZ 621.313.322.012.2

6. 3 Vasilescu A.: *Contribuţii la studiul maşinii sincrone*

10, 365–371

CZ 621.313.333 :621.317.381

6. 4 Bălă C., Bărgăuanu M.: *O metodă experimentală directă pentru determinarea caracteristicii mecanice a motoarelor electrice*

12. 437–440

CZ 621.313.362.013.8

6. 5 Corlăţeanu V., Bergman I.: *Autoexcitarea maşinilor trifazate cu colector. Consideraţiuni experimentale*

8, 294–303

CZ 621.313.362.045.32

6. 6 Corlăţeanu V., Bergman I.: *Autoexcitarea maşinilor trifazate cu colector. Consideraţii teoretice*

7, 250–256

CZ 621.313.33 : 621.791.783

6. 7 Grosu St.: *Maşină rotativă pentru sudura electrică cu arc* (brevet: I. L.)

11, 435

CZ 621.313

6. 8 Richter R.: *Maşini electrice* (Recenzie: Săulescu C.)

5, 182–184

CZ 621.313

6. 9 Lazu C. şi Corlăţeanu V.: *Maşini electrice* (Recenzie: Bunea V.)

10, 395–396

CZ 621.313 : 621.317.3

6. 10 Jerve G. K.: *Încercările industriale ale maşinilor electrice* (Recenzie: Săulescu C.)

8, 317–318

CZ 621.313 : 621.312

6. 11 Vinogradov M. V.: *Fabricarea maşinilor electrice* (Recenzie: Bercu A.)

11, 434–435

CZ 621.313.001.24

6. 12 Gheorghiu I. S.: *Maşini electrice* (Recenzie: Bunea V.)

10, 394–395

CZ 621.313.045.1 (023)

6. 13 Bălă C., Fetiţa Al., Lefter V.: *Cartea bobinatorului de maşini electrice* (Recenzie: Bărgăuanu M.)

10, 396–397

CZ 621.313.1

6. 14 Zenisek L.: *Maşini electrice speciale* (Recenzie: Klein G.)

7, 275–277

CZ 621.313.17

6. 15 Marinescu M.: *Asupra unui nou motor electric cu mişcare alternativă* (Recenzie: M. M.)

4, 150

CZ 621.313.3.012.1

6.16 Kovacs K. P.: *Componente simetrice în teoria maşinii de c.a.* (Recenzie: Nedelcu V. N.)

11, 432–433

CZ 621.313.3.048.81 : 621.317.333.1/2

6. 17 Kulakovskii V. B.: *Încercările profilactice ale izolaţiei maşinilor electrice mari* (Recenzie: Bercu A.)

8, 316–317

CZ 621.313.322.023.45 :535.521.3

6. 18 *Asupra teoriei generatorului trifazat de înaltă frecvenţă* (discuţii)

12. 470

CZ 621.313.322.045.53.04.82–81

6. 19 Nanu A.: *Cercetări teoretice şi experimentale cu privire la tehnologia de izolare a barelor de stator din turbogeneratoarele CMR* (Recenzie: Avramescu A.)

11, 433–434

CZ 621.313.333

6. 20 *Maşină rotativă pentru sudarea electrică cu arc* (Brevet: I. L.)

12. 470–471

CZ 621.313 Maşini electrice

6. 21 *Referate*

1 (4), **4** (1), **5** (1), **6** (2), **10** (3), **11** (2) **12** (5)

7. CZ 621.314.2 TRANSFORMATOARE DE CURENT

CZ 621.314.2.001.24

7. 1 Cupşa A.: *Contribuţii la calculul transformatoarelor monofazate de mică putere* (S < 500 VA)

7, 266–273

CZ 621.314.2.014.32.001.5

7. 2 Bălă C., Apetrei C.: *Calculul şi determinarea experimentală a forţelor axiale la transformatoarele de putere*

8, 285–294

CZ 621.314.2.017.72–523

7. 3 Bichir I. N.: *Comanda răcirii forţate a transformatoarelor mari*

5, 174–180

CZ 621.314.212.002.2

7. 4 Năzdrăvan I., Toma Gh., Şarpe M., Rădulescu C.: *Principiile constructive tehnologice şi de fabricaţie ale seriei unitare de transformatoare cu înfăşurări de Al pînă la 1600 kVA şi 35 kV*

12. 441–449

CZ 621.314.2 : 658.516.1

7. 5 *Recomandări privind îmbunătăţirea normelor de încercare a transformatoarelor* (Discuţii: Grosu St., Stanciu V.)

6 238–240

CZ 621. 314.2 :621.315.62

7. 6 *Piesă izolantă pentru bobinaje de transformatoare* (Brevet: M.V.)

12. 471

CZ 621.314 Transformatoare

7. 7 *Referate*

5 (2), **6** (1), **7** (2), **8** (2), **10** (3), **11** (1) **12** (2).

8. CZ 621.314. 63 REDRESOARE SEMICONDUCTOARE

CZ 621. 314.63 : 621.331.1.39

8. 1 Avramescu A.: *Performanţele şi aplicaţiile industriale ale redresoarelor de putere cu semiconductoare*
2–3, 95–108

CZ 621.314.63

8. 2 *Consfătuirea „Semiconductoarele şi aplicaţiile lor"* (Cronică : A. A.)
2–3, 109

CZ 621.314.6 Redresoare

8. 3 *Referate*
10 (1)

CZ 621.314.63 Semiconductoare, aplicaţii

8. 4 *Referate*
2–3 (12)

9. CZ 621.315 CONDUCTOARE

CZ 621.315.6 MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.9 TRANZISTOARE

CZ 621.315.512 : 621.315.612.7

9. 1 Dragomir D.: *Conductoare emailate sudate*
10, 390–393

CZ 621.315.59 : 621.316.72.078

9. 2 Damsker D.: *Semiconductorul cu patru straturi şi utilizarea lui în comutarea curenţilor tari*
2–3, 87–94

CZ 621.315.59 : 546.23 : 621.314.63

9. 3 Mozes G., Lapedatu E., Zaharia C., Friedmann A., Aralian L., Radu O., Bartoş V., Dedulescu L.: *Noi tipuri de celule redresoare cu seleniu*
2–3, 72–86

CZ 621.315.61 (03)

9. 4 Răduleţ R., Lefter C., Raicu V.: *Enciclopedia materialelor electroizolante*
1, 18–29

CZ 621.315.61.004.64

9. 5 Popescu Ch., Raicu V., Lefter C.: *Legi de durată de viaţă a materialelor electroizolante*
11, 419–425

CZ 621.315.611 : 621.317.333.1

9. 6 Popescu Ch., Raicu V., Lefter C.: *Încercările funcţionale accelerate de durată de viaţă a materialelor electroizolante*
12, 454–462

CZ 621.315.616.9 : 621.313.045

9. 7 Lefter V.: *Utilizarea materialelor electroizolante moderne în construcţia maşinilor electrice de joasă tensiune*
12, 449–454

CZ 621.315.622.1 : 621.315.612.6

9. 8 Tenţulescu D., Goldenberg I., Popescu C., Tănăsescu Fl.: *Mase de sticlă pentru izolatoare de înaltă tensiune*
5, 168–174

CZ 621.315.9 : 546.28 : 621.396.611.21

9. 9 Mircea A., Stoenescu M.: *Tranzistoare cu siliciu aliate*
2–3, 52–59

CZ 621.315.5

9. 10 Tiedermann W.: *Materiale pentru electrotehnică* (Recenzie : M. Nicolae)
12, 472

CZ 621.315 Materiale izolante, transmisia energiei electrice, conductoare

9. 11 *Referate*
5 (5), **7** (3), **8** (2), **10** (2) **12** (1).

CZ 621.315.6 Izolanţi

9. 12 *Referate*
6 (3), **10** (4), **11** (2)

10. CZ 621.316 REŢELE DE DISTRIBUŢIE, ÎNTRERUPTOARE, DISPOZITIVE DE PROTECŢIE

CZ 621.316.17 : 728

10. 1 Cosmin Gh.: *Tendinţe moderne în construcţia aparatajului pentru instalaţii interioare în locuinţe*
1, 11–17

CZ 621.316.52.001.6

10. 2 Predoiu A.: *Aspecte ale evoluţiei constructive a contactoarelor de joasă tensiune în aer. Tendinţe şi contribuţii noi*
4, 119–135

CZ 621.316.57.067.5

10. 3 Mathé B., Ogrezeanu St., Pănoiu A.: *Ridicarea caracteristicilor mecanice pe cale electrică la întreruptoarele de înaltă tensiune*
10, 375–383

CZ 621.316.923.3.001.57

10. 4 Barbu I.: *Construcţia şi tehnologia seriei unitare de patroane fuzibile rapide cu filet de joasă tensiune de 6–100 A*
7, 256–265

CZ 621.316.93.015.5

10.5 Costina D., Mathé B., Stanciu V.: *Studii asupra izolaţiei echipamentului electric de 110 kV fabricat în R.P.R.*
8, 304–313

CZ 621.216.933 : 621.315.6

10. 6 *Influenţa altitudinii asupra coordonării izolaţiei* (Notă : Avramescu A.)
6, 237–238

CZ 621.316.925.43

10. 7 *Dispozitiv de protecţie pentru motoareie trifazate împotriva suprimării unei faze şi a suprasarcinilor mari* (Brevet : I. Lazarovici)
1. 39–40

CZ 621.316.57.027.618

10. 8 Schulze H.: *Tehnica întreruptoarelor de c. a. de înaltă tensiune* (Recenzie : Avramescu A.)
5, 181–182

CZ 621.316.1.001.24

10. 9 Boţan V., Constantinescu E., Poiată A. I.: *Reţele electrice, calculul electric* (Recenzie : Popescu R.)
11, 434

CZ 621.316 Întreruptoare. Distribuţia şi reglajul energiei

10. 10 *Referate*
7 (2), **8** (3), **11** (2) **12** (3)

CZ 621.316.219 Aparate electrice

10. 11 *Referate*
1 (3), **6** (4)

11. CZ 621.317.333 MĂSURĂRI ELECTRICE. APARATE ELECTRICE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.333.82/ICET (498)

11. 1 Hortopan Gh.: *Contribuţia Institutului de cercetări electrotehnice la rezolvarea problemelor de încercare la impuls*
6, 226–230

CZ 621.317.382 : 538.632

11. 2 Fränkel D., De Sabata I.: *Măsurarea puterii aparente în sisteme mono şi trifazate cu generator Hall*

4, 135–139

CZ 621.317.382.016.313 : 538.632

11. 3 Fränkel D., De Sabata I.: *Măsurarea puterii fluctuante şi a puterii de nesimetrie cu generatoare Hall*

11, 425–427

CZ 621.317.7 : 061.4 (439.1)

11. 4 *Expoziţia de aparate de măsură a R. P. Ungare* (Cronică)

8, 323–324

CZ 621.317.2 : 621.312

11. 5 Pasere E. şi Bărbulescu Gh.: *Aparate electrice şi electronice din laboratoarele industriale* (Recenzie: Săulescu C.)

7, 274–275

CZ 621.317 Măsuri electrice

11. 6 *Referate*

1 (7), **4** (3), **7** (2), **11** (3)

12. CZ 621.318 MAGNEŢI, ELECTROMAGNEŢI

CZ 621.318.22.017.3.002.2

12. 1 Fugaru C., Nistor Gh.: *Tratamentul termic al tolei silicioase laminată la rece cu pierderi reduse folosită în industria electrotehnică*

11, 411–419

CZ 621.318.387 : 621.791,752

12. 2 * * * *Platou electromagnetic pentru sudarea automată sub flux a tablelor* (Brevet)

11, 436

CZ 621.318.2 Materiale magnetice

12. 3 *Referate*

4 (1), **10** (1) **12** (2)

13. CZ 621.319.4 CONDENSATOARE

CZ 621.319.6.018.14.002.2

13. 1 Bercu A.: *Seria unitară de condensatoare de forţă de joasă şi medie tensiune*

10, 383–390

CZ 621.319.4 : 658.516.1

13. 2 *Asupra recomandărilor CEI privind condensatoarele de putere* (Notă: Bercu A.)

6, 236–237

CZ 621.319 Condensatoare

13. 3 *Referate*

5 (3), **6** (1), **7** (2), **8** (3), **11** (1)

14. CZ 621.327 LĂMPI ELECTRICE

14. 1 *Referate*

8 (1)

15. CZ 621.33 TRACŢIUNEA ELECTRICĂ

CZ 621.33 (47)

15. 1 Hortopan Gh.: *Tracţiunea electrică în U.R.S.S.*

5, 153–162

CZ 621.33 (47)

15. 2 *Tracţiunea electrică în U.R.S.S.* (Cronică: Gh. H.)

4, 147

16. CZ 621.365.5 GENERAREA CĂLDURII PRIN INDUCŢIE

CZ 621.365.5 : 061.3 (47)

16. 1 *Aplicarea industrială a electrotermiei de înaltă frecvenţă* (Cronică: Ogea M.)

4, 145–146

CZ 621.365.5 Generarea căldurii prin inducţie magnetică

16. 2 *Referate*

8 (1)

17. CZ 621.372.015 FENOMENE TRANZITORII

CZ 621.372.015.1

17. 1 Wenikow W. A., Shukow L. A.: *Fenomene tranzitorii în sisteme electrice. Teorie şi calcule* (Recenzie: Avramescu A.)

1, 38

18. CZ 621.385 APARATE CU DESCĂRCĂRI ELECTRONICE

CZ 621.385.83 : 621.317.4

18. 1 Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I.: *Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului IFA. Măsurarea neuniformităţilor magnetice azimutale*

5, 162–168

CZ 621.385.83.013.001.2

18. 2 Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I.: *Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului IFA. Determinarea distribuţiei radiale a indicelui de cîmp în planul median*

4, 113–119

CZ 621.385.83.013.001.2

18. 3 Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I.: *Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului IFA. Determinarea poziţiei orbitei de echilibru*

1, 3–10

CZ 621.385.83.042.12

18. 4 Bunea V., Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I.: *Tehnologia circuitului magnetic al betatronului IFA*

7, 245–249

19. CZ 621.937 REGULATOARE

19. 1 *Referate*

5 (1), **11** (2)

20. CZ 628.972 ILUMINATUL INTERIOR

CZ 628.972 : 621.7 : 725.4

20. 1 Puşcaşu S.: *Asupra determinării pasului la izvoarele liniare luminoase cu tuburi fluorescente utilizate pentru iluminatul halelor industriale*

8, 313–316

INDEX ALFABETIC DE AUTORI

A

Alper S. : 2.2
Apetrei G. : 7.2
Aralian L. : 9.3
Avramescu A. : 3.5, 3.6, 4.1, 6.19, 8.1, 10.6, 10.8, 17.1

B

Bălă C. : 6.4, 7.2
Bălănel E. : 2.1
Banu Gh. : 4.3
Barbu I. : 10.4
Bărgăuanu M. : 6.4, 6.13
Barloş V. : 9.3
Bercu A. : 6.11, 6.17, 13.1, 13.2
Bergman I. : 6.5, 6.6
Bichir I. N. : 7.3
Bunea V. : 6.11, 18.4

C

Carabulea A. : 1.4
Corlăţeanu V. : 6.5, 6.6, 6.9
Cosmin Gh. : 10.1
Costina D. : 10.5
Cupşa A. : 7.1

D

Damsker D. : 9.2
Dedulescu L. : 9.3
De Sabata I. : 11.2, 11.3
Didiv B. : 2.1
Dragomir D. : 9.1

F

Frankel D. : 11.2, 11.3
Friedman A. : 9.3
Fugaru C. : 12.1

G

Gheorghiu N. : 4.2
Ghiţă N. : 5.1
Gîrzu M. : 1.1, 1.8, 3.4
Goldenberg I. : 9.8
Grosu St. : 6.7, 7.5

H

Haltrich Şt. : 18.1, 18.2, 18.3, 18.4
Hortopan Gh. : 11.1, 15.1

I

Iliescu C. : 18.1, 18.2, 18.3, 18.4
Ivancenco A. : 3.3

K

Klein G. : 6.14

L

Lapedatu E. : 9.3
Lăzăroiu F. D. : 5.3
Lazarovici I. : 10.7
Lazu C. : 6.9
Lefter C. : 9.4, 9.5 9,6
Lefter V. : 6.2, 9,7
Leibovici I. : 18.1, 18.2, 18.3

M

Mathé B. : 10.3, 10.5
Mircea A. : 9.9
Mozes G. : 9.3

N

Năzdrăvan I. : 7.4
Nedelcu V. N. : 6.15
Nicolae M. : 9.11
Nistor Gh. : 12.1

O

Ogea M. : 16.1
Ogrezeanu St. : 10.3

P

Panoiu A. : 10.3
Popescu C. : 9.8
Popescu Ch. : 9.5, 9.6
Popescu R. : 10.9
Popovici Vl. : 5.2
Predoiu A. : 10.2
Puşcaşu A. : 1.6
Puşcaşu S. : 20.1

R

Radu O. : 9.3
Rădulescu C. : 7.4
Răduleţ R. : 9.4
Raicu V. : 9.4, 9.5, 9,6
Rittenberg V. : 2.1
Roman P. : 2.1

S

Savopol D. : 1.6
Săulescu C. : 6.8, 6.10, 11.5
Semlyén A. : 3.2
Stanciu V. : 5.2, 7.5, 10.5
Stoenescu M. : 9.9

Ş

Şarpe N. : 7.4
Şora I. : 6.1

T

Tănăsescu Fl. : 4.1
Tenţulescu D. : 9.8
Toma Gh. : 7.4

V

Vasilescu A. : 6.3

Z

Zaharia C. : 9.3

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ÎNTREPRINDEREA POLIGRAFICĂ Nr. 2 STR. BREZOIANU 23–25, LU URESTI – C. 46 1

MŰSZAKI-KÖNYVTÁR-OSZTÁLY 1883

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI

Anul 10 nr. 1 Bucureşti, ianuarie 1962

CZ 621.3 : 05 „1962"

Tematica pe anul 1962

Tematica generală a revistei „Electrotehnica" publicată în nr. 1/1961 a fost întocmită pe baza directivelor partidului şi guvernului luînd în considerare obiectivele principale ale industriei grele şi ale industriei electrotehnice, ţinînd seamă de orientarea dată revistelor de către Consiliul Central ASIT şi de către Secţia de energetică şi electrotehnică a aceluiaşi consiliu. Această tematică înglobează marea majoritate a problemelor a căror oglindire şi dezbatere în coloanele revistei sînt necesare şi binevenite. Cu toate acestea, avîndu-se în vedere dezbaterile şi documentele Congresului al III-lea al P.M.R., cît şi orientarea dată de către departamente în consecinţă producţiei şi cercetărilor electrotehnice, este necesar a se accentua anumite direcţii de cercetare şi dezvoltare în industrie ca fiind mai importante şi mai urgente decît altele. Din această cauză, Comitetul de redacţie a luat hotărîrea să întocmească o tematică anuală, în care să se indice aceste probleme, arătîndu-se cît mai concret obiectivele ce ar trebui urmărite prin lucrările ce se vor prezenta de către autori spre publicare în anul 1962. În cele ce urmează se înfăţişează această tematică pe care o recomandăm călduros atenţiei autorilor.

1. ELECTROTEHNICĂ GENERALĂ

1.1. Semiconductoare: Stabilirea structurilor. Soluţiile constructive şi tehnologice de fabricaţie a celulelor din Se şi Si. Aplicaţiile redresoarelor cu semiconductoare în electrotehnică. Construcţia şi aplicaţiile generatoarelor Hall în măsurători electrice pentru măsurarea curenţilor mari.

1.2. Metode noi de calcul. Introducerea metodelor noi de calcul în electrotehnică: Calculul cu mărimi complexe, calculul matricial, tensorial, cu operatori diferenţiali, transformări funcţionale, Laplace, Fourier. Maşini de calcul electronice analogice şi cifrice.

Adaptarea lor la particularităţile problemelor specifice.

2. INDUSTRIA ELECTROTEHNICĂ

2.1. Asimilarea de serii unitare moderne cu parametrii ridicaţi în fabricaţia curentă. Principii de calcul tehnico-economice. Proiectarea şi construcţia elementelor seriei, stabilirea unei tehnologii moderne de fabricaţie.

2.2. Îmbunătăţirea calităţii produselor prin reproiectări, alegerea şi controlul eficace al calităţii materialelor şi al procesului de fabricaţie, cu aplicaţii în domeniul aparatajului electric.

2.3. Introducerea mecanizării şi automatizării în procesele tehnologice ale producţiei cu scopul ridicării productivităţii muncii. Linii automate de prelucrat repere de serie.

2.4. Fabricaţia în mare serie a bunurilor de larg consum electrotehnice: răcitoare şi încălzitoare electrice, fiare de călcat, ventilatoare, aspiratoare de praf.

3. MAŞINI ELECTRICE

3.1. Îmbunătăţirea răcirii cu apă, cu ulei. Metode de calcul şi experimentări pentru evaluarea efectului de răcire. Aplicaţii la maşini în fabricaţie sau în exploatare.

3.2. Ventilaţia maşinilor. Stabilirea caracteristicilor ventilatoarelor radiale şi axiale, a rezistenţei aerodinamice. Activarea răcirii prin ventilaţie.

3.3. Vibraţia şi zgomotul maşinilor. Elaborarea unor metode de măsurare, stabilirea de măsuri pentru reducerea vibraţiilor şi a zgomotului produs. Propuneri pentru maşinile de pe vehicule, maşinile de birou şi din gospodării.

3.4. Pătrunderea undelor de impuls în maşini. Lămurirea fenomenelor fundamentale, elaborarea de metode şi aparate de măsurare. Experimentări. Aplicaţii la mărirea stabilităţii faţă de impulsuri a maşinilor ce se racordează direct la linii de înaltă tensiune. Elaborarea de metode de defectoscopie pe bază de impulsuri şi introducerea lor în fabricaţie.

3.5. Serii unitare. Elaborarea, proiectarea, tehnologia şi fabricaţia seriilor unitare de maşini asincrone. Compararea cifrelor caracteristice cu cele ale unor serii moderne. Calcule tehnico-economice.

3.6. Mașini electrice speciale. Construcția generatoarelor de medie frecvență. Construcția și funcționarea mașinilor de sudură speciale. Mașini cu înfășurări imprimate.

3.7. Reglajul automat al tensiunii generatoarelor sincrone. Metode și scheme de reglare cu și fără excitatoare. Excitarea statică cu redresoare. Automatizarea reglării.

3.8. Mașini electrice cu regim greu de funcționare. Dimensionarea și construcția mașinilor cu porniri și inversiuni frecvente, cu aplicații în industria extractivă, metalurgică, la mașini de ridicat etc.

3.9. Îmbunătățirea caracteristicilor de funcționare a mașinilor electrice. Caracteristici mecanice corespunzătoare sistemelor de acționare. Eliminarea factorilor ce limitează buna funcționare sau domeniul de reglaj. Obținerea unui randament optim în exploatare.

4. TRANSFORMATOARE

4.1. Răcirea transformatoarelor mari. Forțarea răcirii cu aer și cu ulei. Construcția răcitoarelor cu randament mare. Calcule tehnico-economice.

4.2. Stabilitatea la impulsuri de tensiune. Repartizarea tensiunii de impuls pe înfășurări în diferite conexiuni. Oscilații tranzitorii și staționare. Dispozitive și metode de măsurare.

4.3. Coordonarea și reducerea degresivă, progresivă a izolației. Scăderea nivelului de izolație internă. Calcule tehnico-economice.

4.4. Transformatoare uscate, antideflagrante. Metode de proiectare, experimentări pe modele, propuneri constructive pentru utilizări în mine și în industria chimică.

4.5. Seria unitară de transformatoare cu bobinaj de aluminiu. Principii de dimensionare optimă. Calcule tehnico-economice.

5. MATERIALE ELECTROTEHNICE

5.1. Proprietățile și tehnologia prelucrării tolei laminate la rece. Construcția modenă a miezurilor magnetice.

5.2. Izolatoare de înaltă tensiune din sticlă călită. Elaborarea tehnologiei. Măsurători pe modele experimentale, încercări în exploatare.

5.3. Rășini și lacuri din materiale sintetice. Elaborarea, tehnologia, proprietățile și utilizările materialelor siliconice, epoxidice, poliesterice etc.

5.4. Materiale plastice noi. Bachelite, polietilene, poliamide. Proprietăți, aplicații.

5.5. Uleiul izolant. Determinarea caracteristicilor. Stabilitatea uleiurilor în condiții de exploatare.

6. APARATE

6.1. Contactoare moderne. Studii și experimentări privind cinematica și comportarea la solicitări de durată. Uzura electrică a contactelor. Uzura mecanică. Comportarea la inversări dese.

6.2. Serii unitare de siguranțe fuzibile: cu bușon, rapide și cu întîrziere. Dimensionarea fuzibilului. Calculul încălzirii, experimentări asupra încălzirii.

6.3. Întreruptoare de înaltă tensiune. Performanțele camerelor de stingere elementare. Conexiunea și compunerea din elemente. Comparația tipului cu ulei puțin și cu aer comprimat. Comportarea în rețea. Stabilitatea față de solicitări speciale. Deconectarea defectului kilometric, a liniilor lungi, a capacităților și inductanțelor. Încercarea întreruptoarelor la puterea de rupere, metode sintetice de încercare.

6.4. Descărcătoare cu rezistență variabilă cu suflaj magnetic. Teoria și eficacitatea suflajului magnetic. Elaborarea de construcții noi cu performanțe superioare. Încercări pe modele.

7. MĂSURĂTORI ELECTRICE

7.1. Oscilografe. Descrierea funcționării, aplicații speciale la înregistrarea fenomenelor tranzitorii rapide.

7.2. Sonde Hall pentru măsurarea curenților, puterii etc. Scheme și dispozitive. Precizia măsurătorilor.

8. UTILIZĂRI ELECTROTEHNICE

8.1. Tracțiunea electrică și Diesel-electrică. Sistemul cu frecvență industrială în firul de cale. Scheme electrice. Echipament electric cu performanțe ridicate.

8.2. Acționări electrice moderne, cu comandă automată statică (cu semiconductoare și amplificatoare magnetice). Aplicații la mașinile de ridicat, la troliile sondelor petrolifere etc.

8.3. Iluminatul electric modern cu lămpi fluorescente. Scheme pentru conectarea și gruparea tuburilor. Calculul iluminatului fluorescent cu aplicații la iluminatul de interior și exterior.

9. ACTIVITATE PROFESIONALĂ ȘI OBȘTEASCĂ

Relatarea și comentarea ședințelor Consiliului Central ASIT, a consfătuirilor, conferințelor și manifestărilor privind probleme tehnico-științifice, profesionale, sindicale, obștești.

COMITETUL DE REDACȚIE

Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

Determinarea poziției orbitei de echilibru

Constantin Iliescu, Ștefan Haltrich, Iulian Leibovici * — București

Măsurarea parametrilor magnetici principali ai electromagnetului reprezintă o etapă importantă în cadrul lucrărilor de punere în funcțiune a unui accelerator de particule, deoarece de precizia rezultatelor obținute depinde reglarea corectă a întregului agregat, în vederea obținerii performanțelor maxime.

Articolul de față este primul dintr-o serie de lucrări care prezintă experiența acumulată cu ocazia construcției și punerii în funcțiune a betatronului de 30 MeV al I.F.A., primul accelerator de particule proiectat și construit în întregime în țara noastră și destinat atît cercetărilor de fizică nucleară cît și aplicațiilor la defectoscopia nedistructivă și radioterapie.

CZ 621.385.83.013.00.12

1. Considerații generale

Betatronul este un accelerator ciclic de electroni, bazat pe principiul inducției electromagnetice (accelerator de inducție). Partea sa principală este un electromagnet cu simetrie cilindrică, alimentat în curent alternativ de frecvență industrială, în întrefierul căruia este dispusă o cameră de accelerare vidată, în care are lor procesul de accelerare a electronilor [1].

La începutul fiecărui ciclu de variație a cîmpului magnetic, electronii sînt introduși în camera de accelerare. Impulsul de injecție este astfel ales, încît raza orbitei lor în cîmpul magnetic al aparatului, dată de relația :

$$r = \frac{p}{eB}, \qquad (1)$$

se găsește în centrul camerei de accelerare. În relația (1), p este impulsul electronului, B este valoarea inducției magnetice în zona orbitei, iar e este sarcina electrică a electronului.

Accelerarea electronilor are loc datorită cîmpului electric rotațional, tangent la orbita circulară, care apare în urma variației în timp a fluxului magnetic încercuit de orbită. Accelerarea este un proces ciclic, deoarece energia electronilor crește treptat, cu fiecare rotație. În cazul betatronului I.F.A., electronii execută circa un milion de rotații; pentru o energie finală de 30 MeV, cîștigul de energie pe rotație este deci în medie de 30 eV.

Pentru ca accelerarea să fie posibilă, sînt necesare mai multe condiții, dintre care citățm următoarele trei :

1. Creșterea impulsului să fie proporțională cu creșterea inducției magnetice în zona orbitei, astfel ca raza determinată de relația (1) să fie constantă. Orbita circulară astfel determinată poartă numele de *orbită de echilibru* sau *orbită stabilă*.

2. Cîmpul magnetic din zona orbitei, numit *cîmp magnetic director* (de ghidare), să aibă o anumită distribuție spațială, care să asigure focalizarea electronilor, adică regruparea pe orbita stabilă a acelora care, din diferite cauze, s-au abătut de la ea.

3. Abaterile distribuției cîmpului magnetic de la simetria cilindrică să fie minime.

Verificarea modului cum sînt realizate aceste condiții reprezintă tocmai programul măsurărilor magnetice efectuate asupra betatronului. Pe baza rezultatelor obținute se efectuează reglajul electromagnetului, introducîndu-se, dacă este cazul, corecțiile necesare.

Întregul program de măsurări magnetice la betatronul I.F.A. a fost executat în condițiile alimentării în curent alternativ, adică în condițiile reale de funcționare, cu excepția faptului că a fost demontată camera de accelerare pentru a permite accesul aparaturii de măsurat în întrefier. Pentru a evita, într-o primă fază, efectele introduse de saturația anumitor porțiuni ale circuitului magnetic, programul complet a fost executat în condițiile alimentării electromagnetului sub tensiune redusă la jumătate (3 kV); ulterior, au fost întreprinse verificări suplimentare la plină tensiune (6 kV).

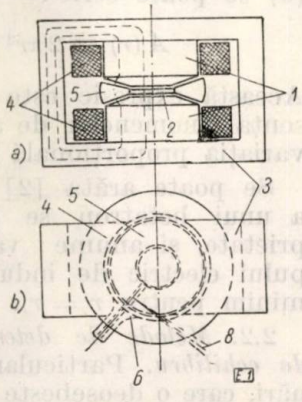


Fig. 1. Electromagnetul betatronului.

a — secțiune; *b* — vedere în sus; *1* — miezul central; *2* — întrefier; *3* — jug; *4* — bobina de excitație; *5* — camera de accelerare; *6* — tunul electronic; *7* — anticatodă; *8* — fasciculul de raze Röntgen.

* Ing. C. Iliescu este șef de laborator adjunct, ing. St. Haltrich și ing. I. Leibovici sînt ingineri principali la Institutul de Fizică Atomică al Academiei R.P.R.

2. Determinarea razei orbitei de echilibru

2.1. *Ecuația razei orbitei de echilibru.* Accelerarea electronilor este descrisă de ecuația:

$$\frac{dp}{dt} = eE = \frac{e}{2\pi r}\frac{d\Phi}{dt}, \qquad (2)$$

în care Φ este fluxul magnetic încercuit de orbita de rază r.

Din ecuațiile (1) și (2) se obține, după integrare și ținînd seamă de condițiile inițiale:

$$B = \frac{\Phi}{2\pi r^2}, \qquad (3)$$

în care atît B cît și Φ sînt funcții de rază și de timp. Notînd valoarea mediată a densității fluxului Φ cu

$$\overline{B} = \frac{\Phi}{\pi r^2}, \qquad (4)$$

ecuația (3) capătă forma:

$$B = \frac{1}{2}\overline{B}, \qquad (5)$$

relație cunoscută în literatură sub numele de „condiția 1 : 2".

Condiția 1 : 2 sub forma (3) sau (5) reprezintă o ecuație implicită în r, a cărei soluție este raza orbitei de echilibru a betatronului (r_e).

Este utilă introducerea unei funcții auxiliare de abatere [2], definită ca:

$$A(r,t) \equiv 2\pi r^2 B(r,t) - \Phi(r,t), \qquad (6)$$

funcție care are proprietatea de a se anula pentru acea valoare a razei care satisface condiția de echilibru.

Dacă atît $B(r,t)$ cît și $\Phi(r,t)$ au aceeași lege de variație în timp, în cazul nostru sinusoidală, factorul temporal poate fi separat și (6) se poate scrie:

$$A(r) \equiv 2\pi r^2 B(r) - \Phi(r). \qquad (7)$$

Această expresie este valabilă numai în absența fenomenelor de saturație, care alterează variația proporțională a lui B cu Φ.

Se poate arăta [2] că orbita de echilibru a unui betatron se bucură și de altă proprietate, și anume: valoarea intensității cîmpului electric de inducție $E(r)$ prezintă un minim pentru $r = r_e$.

2.2. *Metode de determinare a razei orbitei de echilibru.* Particularitatea acestei determinări, care o deosebește de majoritatea măsurărilor magnetice, constă în aceea că nu se pune problema de a măsura valoarea unor mărimi magnetice, ci de a determina poziția unui loc geometric în care anumite condiții magnetice sînt satisfăcute. De aceea se folosesc mai multe dispozitive de măsurat, în general bobine-sondă, dispuse la mai multe raze, pentru a constata la care rază este satisfăcută condiția 1 :2.

Literatura despre betatroane conține numeroase indicații asupra metodelor de măsurare folosite în acest scop [3],[4],[5] și [6]. Ele sînt destul de variate, iar aprecierile asupra avantajelor și dezavantajelor fiecăreia, în special asupra preciziei de determinare, nu concordă la toți autorii. Din această cauză, autorii prezentei lucrări și-au propus să efectueze un studiu comparativ cît mai complet, depășind în felul acesta necesitățile strict limitate ale reglajului betatronului I.F.A. [7].

Metodele de determinare a razei orbitei de echilibru se împart în două categorii: metode bazate pe compararea inducției cîmpului magnetic director cu inducția medie de accelerare, conform relației (5), și metode bazate pe găsirea locului geometric al valorii minime a intensității cîmpului electric. În cadrul fiecărei categorii există mai multe variante.

Pentru a putea compara între ele diferitele metode magnetice, autorii au făcut apel la încă o metodă, fundamental diferită, metoda radiometrică, bazată pe măsurarea radiației betatronului în timpul funcționării [8]. Aceasta a fost considerată ca o metodă etalon, fiind vorba de o determinare directă a poziției orbitei electronilor în timpul procesului de accelerare. Evident însă, această metodă este aplicabilă numai după ce acceleratorul a fost reglat cel puțin în linii mari.

Determinările au fost efectuate pentru o întreagă gamă de valori ale razei orbitei de echilibru, care a fost modificată fie prin variația întrefierului electromagnetului, fie cu ajutorul unui curent de corecție printr-un bobinaj special.

3. Metoda comparării inducțiilor

Această metodă constă în măsurarea raportului:

$$F(r) = \frac{\overline{B}}{B} \qquad (8)$$

și găsirea razei la care $F(r) = 2$, conform cu (5). Pentru aceasta se folosesc mai multe perechi de bobine dispuse la diferite raze r_i. Fiecare pereche constă dintr-o bobină în care se induce o tensiune electromotoare proporțională cu $\overline{B}(r_i)$ — bobina de cîmp mediu — și una în care se induce o tensiune electromotoare proporțională cu $B(r_i)$ — bobina de cîmp director. Cunoscînd suprafața efectivă a fiecărei bobine, se poate calcula raportul $F(r_i)$.

După modul în care sînt realizate bobinele de cîmp director, se disting două variante: cu

bobină de cîmp director punctiformă și cu bobină de cîmp director în formă de coroană circulară.

3.1. *Varianta cu bobină de cîmp director punctiformă.* Se folosește un dispozitiv special de măsurat constînd dintr-o piesă de plexiglas, în formă de coroană circulară, care se poate fixa cu ajutorul unor piese de prindere în întrefierul betatronului. Pentru a fi ușor asamblat fără a demonta electromagnetul, dispozitivul poate fi desfăcut în trei părți în formă de sector de cîte 120°. Bobinele de cîmp mediu, în număr de șapte, fiecare constînd din cîte o spiră circulară, sînt așezate în șanțuri concentrice executate la strung. Razele acestor spire sînt cuprinse între 235 și 265 mm, la intervale de 5 mm. Porțiunile de spire corespunzătoare celor trei sectoare se asamblează prin intermediul unor contacte cu știfturi, analoge celor de la tuburile electronice miniatură.

Bobinele de cîmp director punctiforme, destinate măsurării inducției magnetice într-un punct, sînt tot în număr de șapte, executate pe mici carcase cilindrice. Suprafața efectivă a unei bobine de cîmp este de aproximativ 1 700 cm². Fiecare bobină de cîmp director este așezată cu centrul pe circumferința unei bobine de cîmp mediu.

Dispozitivul de măsurat astfel conceput s-a dovedit foarte util în decursul lucrării. Avantajele sale sînt : lipsa pieselor metalice masive, care ar fi distorsionat distribuția de cîmp, posibilitatea montării și demontării comode fără demontarea electromagnetului, ecranarea îngrijită a cablurilor de legătură cu restul aparatelor de măsurat.

Cele șapte perechi de bobine se conectează succesiv în schema din figura 2, care este o schemă în punte. Echilibrul se realizează cu ajutorul a două cutii de rezistențe decadice de precizie, R_1 și R_2. În paralel cu rezistențele sînt conectate două condensatoare variabile, pentru a se putea realiza echilibrul punții nu

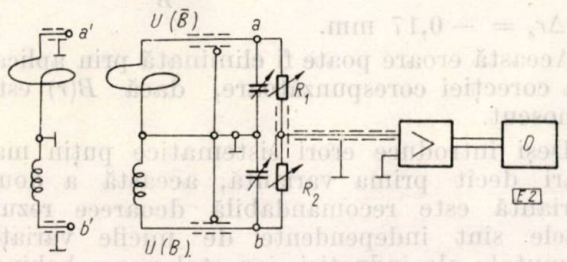


Fig. 2. Schema de determinare a razei orbitei de echilibru prin metoda comparării inducțiilor.

numai în amplitudine, ci și în fază, compensînd astfel efectul inductanței proprii a bobinelor. Ca detector de nul se folosește un amplificator de audiofrecvență și un oscilograf.

Fie S_{di} și S_{mi} suprafața efectivă a unei bobine de cîmp director și respectiv de cîmp mediu, iar R_{di} și R_{mi} rezistența proprie a acelorași bobine.

Se notează :

$$\sigma_i = \frac{S_{di}}{S_{mi}} . \qquad (9)$$

Dacă se realizează echilibrul punții, raportul căutat se calculează din :

$$F(r_i) = \frac{\bar{B}(r_i)}{B(r_i)} = \frac{R_1 + R_{mi}}{R_2 + R_{di}} \sigma_i . \qquad (10)$$

Constantele S_{mi} au fost deduse prin calcul, iar constantele S_{di} au fost determinate experimental, prin etalonarea bobinelor de cîmp director. Etalonarea a fost făcută într-un cîmp magnetic alternativ uniform (50 Hz) de 200 gauss (valoare eficace), generat de o bobină Helmholtz, cu diametrul mediu de 62 cm. Pentru etalonare a fost folosită o metodă de comparație cu o bobină etalon de 8,5 cm diametru,

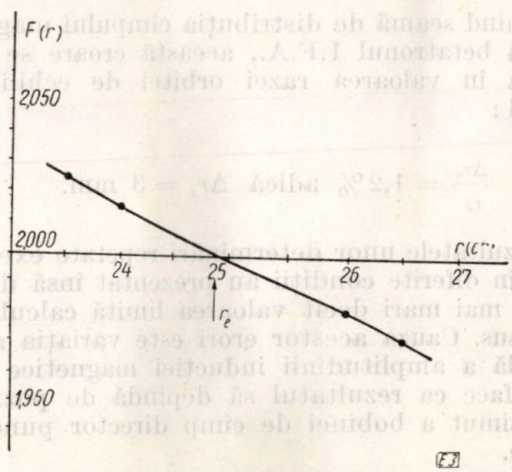


Fig. 3. Variația raportului inducțiilor cu raza.

avînd o suprafață efectivă cunoscută cu precizie. Schema electrică a fost analogă celei din figura 2.

În figura 3 este reprezentată curba $F(r)$. În condițiile acestui exemplu, $r_e = 249$ mm.

Eroarea sistematică maximă posibilă se calculează cu formula :

$$\frac{\Delta F}{F} = 2\frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta S_d}{S_d} + \frac{\Delta S_m}{S_m} + \varepsilon_r + \varepsilon_z , \qquad (11)$$

în care :

$\frac{\Delta R}{R} = 2.10^{-4}$ este eroarea maximă constructivă a rezistențelor decadice ;

$\frac{\Delta S_d}{S_d} = 7{,}3.10^{-4}$ — eroarea maximă de etalonare a bobinei de cîmp director ;

$\frac{\Delta S_m}{S_m} = 8.10^{-4}$ — eroarea maximă de determinare prin calcul a constantei bobinei de cîmp mediu ;

ε_r și ε_z — erori de geometrie, provenite din toleranțele de execuție și de fixare a dispozitivului de măsurat, în direcție radială, respectiv axială :

$$\varepsilon_r = \frac{1}{\bar{B}} \left| \frac{\Delta \bar{B}}{\Delta r} \right| \Delta r' + \frac{1}{B} \left| \frac{\Delta B}{\Delta r} \right| \Delta r'' = 6.10^{-4}, \quad (12)$$

unde $\Delta r'$ este abaterea radială datorită erorii de centrare și $\Delta r''$ — abaterea radială datorită erorii de așezare a bobinelor punctiforme. S-a presupus

$$\Delta r' = \Delta r'' = 0{,}2 \text{ mm}$$
$$\varepsilon_z = \frac{1}{B} \left| \frac{\Delta B}{\Delta z} \right| \Delta z = 3.10^{-4}. \quad (13)$$

Se deduce că

$$\frac{\Delta F}{F} = 0{,}28\%.$$

Ținînd seamă de distribuția cîmpului magnetic la betatronul I.F.A., această eroare se reflectă în valoarea razei orbitei de echilibru astfel :

$$\frac{\Delta r_e}{r_e} = 1{,}2\% \text{ adică } \Delta r_e = 3 \text{ mm}.$$

Rezultatele unor determinări repetate executate în diferite condiții au prezentat însă diferențe mai mari decît valoarea limită calculată mai sus. Cauza acestor erori este variația azimutală a amplitudinii inducției magnetice B, care face ca rezultatul să depindă de poziția pe azimut a bobinei de cîmp director punctiforme.

Variația azimutală a amplitudinii inducției magnetice este, în cazul betatronului I.F.A., mai mică decît 1% și nu influențează practic funcționarea corectă a acceleratorului. Calculul arată însă că rezultatul măsurării razei de echilibru prin metoda descrisă poate fi afectat, din această cauză, de o eroare mergînd pînă la 10 mm. Cum neuniformități azimutale de amplitudine de același ordin de mărime există, din motive tehnologice, la majoritatea betatroanelor, este surprinzător că această sursă de eroare nu a fost pusă în evidență de autorii care au folosit varianta descrisă.

3.2. *Varianta cu bobină de cîmp director în formă de coroană circulară.* Pentru a elimina efectul variației azimutale a inducției magnetice, se folosește o bobină de cîmp director care să medieze valoarea inducției magnetice pe toată circumferința. Această bobină, cu secțiunea în formă de coroană circulară, este realizată din două spire circulare concentrice, care înconjoară bobina de cîmp mediu [9]. Prin comutări, potrivite, cele șapte perechi de bobine se pot realiza cu același dispozitiv descris mai sus, folosind numai cele șapte spire circulare concentrice. O pereche de bobine, pentru $r_i = 250$ mm, sînt reprezentate în figura 4. Bornele a, b se conectează în punctele corespunzătoare ale schemei din figura 2.

În acest caz, etalonarea bobinelor de cîmp director nu mai este necesară, suprafața efectivă putîndu-se calcula destul de exact. Eroarea asupra constantei bobinei, datorită erorii de măsurare a diferențelor între două raze succesive ($\Delta r = 0{,}02$ mm), este dată de :

$$\frac{\Delta S_d}{S_d} = \frac{2 r_i \Delta r}{r_{i+1}^2 - r_{i-1}^2}. \quad (14)$$

Pentru exemplul din figura 4 ($r_i = 250$ mm),

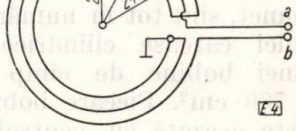


Fig. 4. Schema de conexiune a unei bobine de cîmp mediu cu o bobină de cîmp director în formă de coroană circulară.

$\frac{\Delta S_d}{S_d} = 2.10^{-3}$, adică mai mare decît în cazul precedent.

Se deduce $\frac{\Delta F}{F} = 4.10^{-3}$ și $\Delta r_e = 4{,}3$ mm. O eroare suplimentară de metodă provine din aceea că bobina de cîmp director are o extensie radială finită și cîmpul măsurat cu ajutorul ei nu coincide cu cîmpul la raza medie r_i, variația $B(r)$ fiind neliniară. Eroarea în cîmp este

$$\frac{\Delta B}{B} = \frac{B(r_i) - \frac{2}{r_{i+1}^2 - r_{i-1}^2} \int_{r_{i-1}}^{r_{i+1}} B(r) \cdot r \cdot dr}{B(r_i)}. \quad (15)$$

În cazul că $r_i = 250$ mm, $\frac{\Delta B}{B} = 1{,}5 \cdot 10^{-4}$ și $\Delta r_e = -0{,}17$ mm.

Această eroare poate fi eliminată prin aplicarea corecției corespunzătoare, dacă $B(r)$ este cunoscut.

Deși introduce erori sistematice puțin mai mari decît prima variantă, această a doua variantă este recomandabilă deoarece rezultatele sînt independente de micile variații azimutale ale inducției, iar etalonarea bobinelor de cîmp director nu mai este necesară.

4. Metoda cîmpului electric minim

Această metodă constă în determinarea razei la care intensitatea cîmpului electric de inducție $E(r)$ este minimă.

Pentru determinarea valorilor $E(r)$, se măsoară tensiunile electromotoare $U(r)$, induse în sistemul de spire circulare concentrice folosit și pentru metoda precedentă (bobinele de cîmp mediu), și se calculează:

$$E(r) = \frac{U(r)}{2\pi r}. \qquad (16)$$

De remarcat că variația lui $E(r)$ în intervalul care interesează este extrem de redusă, de ordinul a cinci sutimi de procent. Din această cauză, metoda cîmpului electric minim este considerată ca mai puțin precisă decît cea precedentă [5]. În realitate, cu o serie de precauții experimentale și cu o prelucrare corespunzătoare a rezultatelor măsurărilor, precizia acestei metode poate fi făcută comparabilă cu a celei precedente.

Cea mai importantă dintre aceste precauții este eliminarea efectului variațiilor tensiunii de alimentare a magnetului. Pentru aceasta nu se măsoară separat diversele valori $E(r_i)$, ci se raportează de fiecare dată la o valoare de referință (Er_n).

În funcție de modul de prelucrare a rezultatelor, se disting două variante: varianta reprezentării raportului $\frac{E(r_i)}{E(r_n)}$ și varianta reprezentării raportului $\frac{E(r_{i+1})}{E(r_i)}$.

4.1. *Varianta raportului* $\frac{E(r_i)}{E(r_n)}$. Pentru măsurarea acestui raport se folosește o schemă simplă, ca în figura 5, cu ajutorul căreia tensiunea indusă în șase spire succesive se compară cu cea indusă în spira șaptea. Valoarea raportului se calculează din valoarea rezistențelor necesare pentru anularea semnalului la ieșire.

$$\beta(r_i) = \frac{E(r_i)}{E(r_n)} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}\,\frac{r_n}{r_i}. \qquad (17)$$

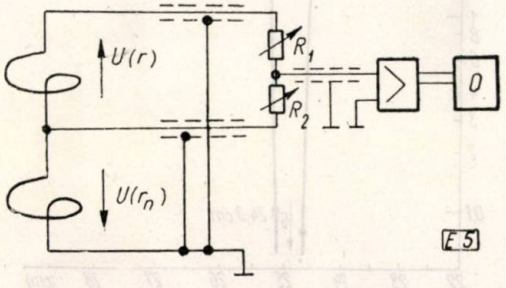


Fig. 5. Schema de determinare a razei orbitei de echilibru prin metoda cîmpului electric minim.

Rezultatele sînt reprezentate în figura 6 pentru trei valori ale razei orbitei de echilibru corespunzătoare la trei valori ale curentului de corecție. Se constată existența unui minim puțin pronunțat, variațiile raportului fiind extrem de reduse.

Eroarea sistematică este suma erorilor asupra valorii rezistențelor și razelor:

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} = \frac{\Delta R}{R} + 2\,\frac{\Delta r}{r} \qquad (18)$$

și este, în cazul nostru, de 0,036%, adică

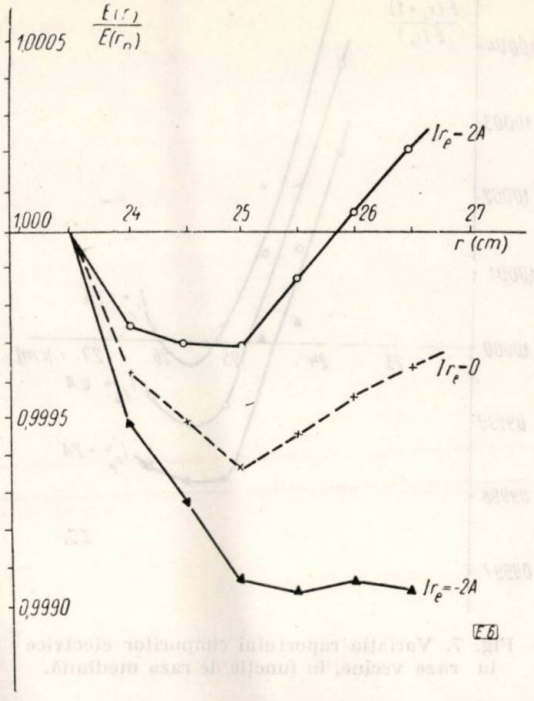


Fig. 6. Variația intensității cîmpului electric cu raza; I_{re} este curentul de corecție a razei orbitei de echilibru.

superioară diferenței între ordonatele a două puncte vecine. Din această cauză, poziția minimului nu poate fi stabilită cu certitudine.

Acest mod de prelucrare a rezultatelor nu permite determinarea razei orbitei de echilibru cu suficientă precizie, mai ales că nu oferă posibilitatea de interpolare între valorile date prin construcția dispozitivului.

4.2. *Varianta raportului* $\frac{E(r_{i+1})}{E(r_i)}$. Cu ajutorul dispozitivului și schemei descrise la paragraful precedent, se compară tensiunile induse în cîte două spire succesive și se reprezintă:

$$\beta\left(\frac{r_{i+1} - r_i}{2}\right) = \frac{E(r_{i+1})}{E(r_i)}. \qquad (19)$$

Se obține o curbă ca în figura 7, în care s-a reprezentat și efectul variației curentului de corecție. Valoarea razei orbitei de echilibru este dată de intersecția curbei $\beta(r)$ cu ordonata 1.

Eroarea sistematică maximă se calculează tot cu formula (18). Ţinînd seamă de forma curbei $\beta(r)$, rezultă o abatere corespunzătoare $\frac{\Delta r_e}{r_e} = 4{,}4\%$ sau $\Delta r_e = 11$ mm. Erorile reale sînt însă mai mici, deoarece acest mod

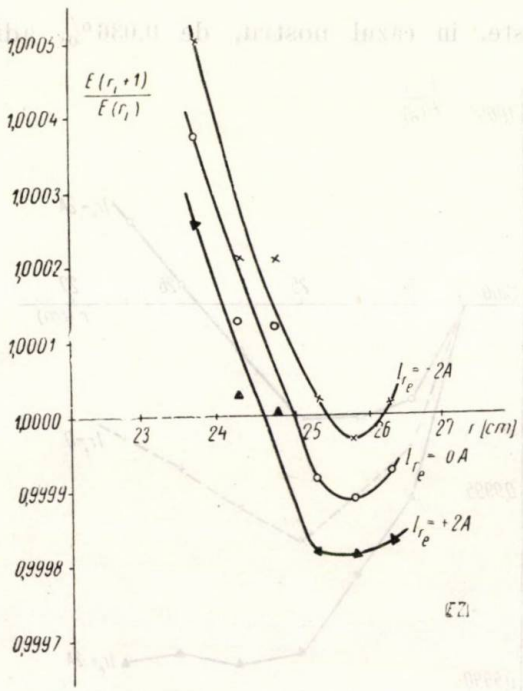


Fig. 7. Variaţia raportului cîmpurilor electrice la raze vecine, în funcţie de raza mediană.

de reprezentare permite trasarea curbei printre punctele experimentale şi posibilitatea de a interpola între acestea. Măsurările efectuate au dat într-adevăr rezultate comparabile cu celelalte metode, în limita unor erori mai mici de 1 mm.

5. Metoda radiometrică

Pentru compararea rezultatelor obţinute prin metodele magnetice descrise, a fost folosită o metodă de determinare a razei orbitei de echilibru, bazată nemijlocit pe funcţionarea betatronului în condiţii reale [8].

Metoda constă în perturbarea procesului de accelerare cu ajutorul unui obstacol în formă de fir subţire. Probabilitatea ca un electron să întîlnească obstacolul, şi deci să fie pierdut pentru procesul de accelerare, este cu atît mai mare cu cît firul se află mai aproape de orbita stabilă. Cînd poziţia firului coincide cu orbita, nici un electron nu mai ajunge la sfîrşitul ciclului de accelerare.

Măsurarea numărului de electroni acceleraţi pînă la sfîrşit se face indirect: la terminarea procesului de accelerare, se aplică un impuls de cîmp magnetic deflector care trimite toţi electronii din cameră pe o anticatodă. Intensitatea radiaţiei electromagnetice de frînare generată de căderea electronilor pe anticatodă, măsurată cu o cameră de ionizare, este proporţională, celelalte condiţii fiind neschimbate, cu numărul electronilor incidenţi.

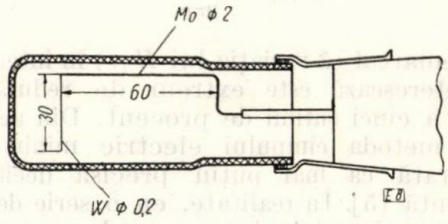


Fig. 8. Sonda perturbatoare folosită în cadrul metodei radiometrice.

Dispozitivul experimental folosit constă dintr-o sondă perturbatoare verticală din fir de wolfram de 0,2 mm diametru, susţinută de o tijă de molibden de 2 mm diametru. Sonda

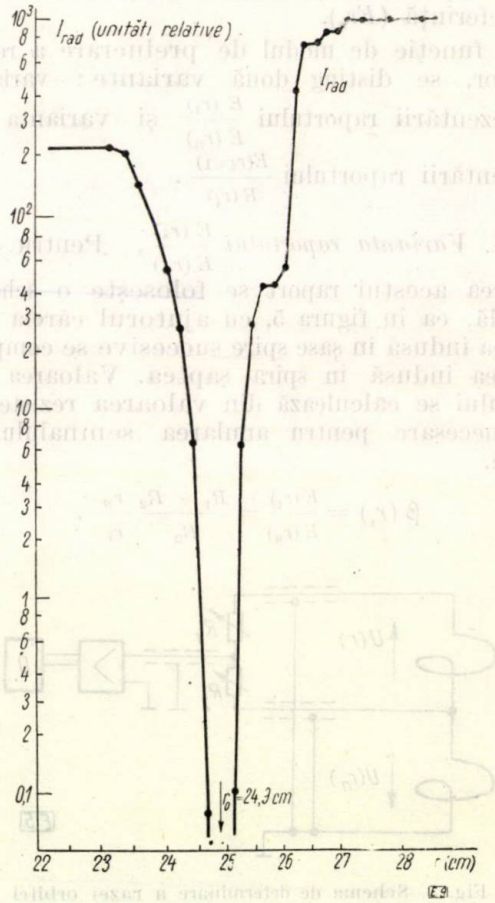


Fig. 9. Variaţia intensităţii radiaţiei de frînare cu poziţia sondei perturbatoare.

este introdusă în camera de accelerare printr-un braţ aşezat la 180° faţă de anticatodă. Ea se poate deplasa radial cu ajutorul unui dispozitiv de translaţie, prevăzut cu o conexiune mo-

bilă de vid de tip Wilson (fig. 8). Cînd sonda este retrasă în brațul camerei, intensitatea radiației betatronului are valoarea maximă. Pe măsură ce sonda se deplasează spre raze mai mici, intensitatea radiației scade, iar cînd sonda se află chiar în regiunea orbitei stabile, intensitatea se anulează.

Față de lucrarea citată [8], metodica folosită în prezenta lucrare este îmbunătățită în două privințe. În primul rînd, poziția relativă a anticatodei și a sondei perturbatoare este astfel aleasă, încît permite măsurarea radiației de frînare produsă pe anticatodă fără suprapunerea efectelor secundare datorite radiației de frînare produse pe sonda perturbatoare. În al doilea rînd, prin trasarea curbei $I_{rad} = f(r_{sondă})$ în coordonate semilogaritmice, se obține posibilitatea unei determinări mult mai precise a razei orbitei de echilibru, prin poziția axei de simetrie a porțiunii inferioare a curbei (fig. 9).

Eroarea de determinare a acestei metode este dată exclusiv de eroarea asupra poziției radiale a sondei în interiorul camerei. În cazul nostru, această eroare a fost inferioară unui milimetru.

6. Determinarea variației în timp a poziției orbitei de echilibru

Datorită efectelor neliniarității circuitului magnetic, care devin pronunțate la inducții mari, poziția orbitei stabile poate să sufere o deplasare față de situația existentă la inducții mici și mijlocii. În acet caz, soluția ecuației (6) este o funcțiune de timp. Acest fenomen a avut loc și în cazul betatronului I.F.A., necesitînd luarea de măsuri de corecție a deplasării orbitei stabile la inducții mari. Punerea la punct a acestor corecții a necesitat, la rîndul ei, existența unei metode de măsurare a variației razei orbitei stabile.

Schema de măsurare este reprezentată în figura 10. Se folosește o singură pereche de

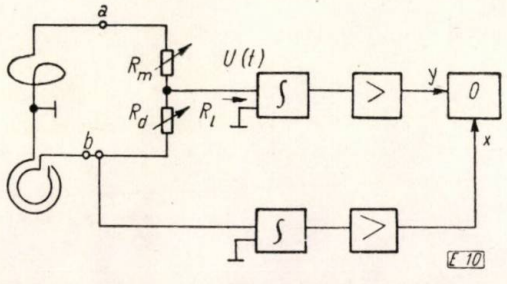


Fig. 10. Schema de determinare a variației în timp a razei orbitei de echilibru.

bobine, realizate ca în cazul metodei comparării inducțiilor cu bobină de cîmp director în formă de coroană circulară, așezate în jurul razei r_0. Această rază este astfel aleasă, încît $r_0 = r_e$ la cîmpuri mici și mijlocii și numai la cîmpuri mari $r_0 \neq r_e$.

Folosind notațiile din figura 10, tensiunea la intrarea amplificatorului este dată de:

$$u(t) = \frac{1}{R \cdot R_d}\left[\frac{S_d R_m}{R_d} \cdot \frac{\partial B(r_0, t)}{\partial t} - \frac{\partial \Phi(r_0, t)}{\partial t}\right], \quad (20)$$

în care:

$$R = \frac{R_m R_d}{R_i} + R_m + R_d. \quad (21)$$

Se aleg rezistențele astfel ca:

$$\frac{S_d R_m}{R_d} = 2\pi r_0^2 \quad (22)$$

și se obține:

$$u(t) = c_1 \frac{\partial A(r_0, t)}{\partial t}. \quad (23)$$

Dezvoltînd funcția de abatere $A(r, t)$ în jurul lui r_0 și particularizînd pentru $r = r_e$, se obține:

$$A(r_e, t) = A(r_0, t) + \left|\frac{\partial A(r, t)}{\partial r}\right|_{r_0} (r_e - r_0) + \cdots \quad (24)$$

Neglijînd termenii de ordin superior, se deduce abaterea razei orbitei de echilibru de la valoarea r_0:

$$r_e - r_0 = \frac{A(r_e, t) - A(r_0, t)}{\left|\frac{\partial A(r, t)}{\partial r}\right|_{r_0}}. \quad (25)$$

Se ține seama că: $A(r_e, t) = 0$ și că [2]:

$$\left|\frac{\partial A(r, t)}{\partial r}\right|_{r_0} = 2\pi r_0 \cdot B(r_0, t) \cdot K(r_0, t), \quad (26)$$

în care funcțiunea K poate fi considerată constantă în timp. Se deduce în cele din urmă:

$$r_e - r_0 = c_2 \frac{A(r_0, t)}{B(r_0, t)}, \quad (27)$$

sau, în funcție de tensiunea disponibilă:

$$r_e - r_0 = c_3 \int \frac{u(t)\,dt}{B(r_0, t)}. \quad (28)$$

Operația de împărțire între cele două funcțiuni de timp nu poate fi efectuată pe cale analogică fără mari dificultăți. O metodă mai simplă se bazează pe folosirea osciloscopului catodic [10]. La intrarea amplificatorului axei Y, se trimite tensiunea $u(t)$, integrată cu ajutorul unui integrator electronic, iar la intrarea amplificatorului axei X, o tensiune proporțională cu $B(r_0, t)$, care este integrala tensiunii induse în bobina de cîmp director.

În felul acesta, figura descrisă de spot poate fi ușor interpretată : în orice moment, raportul coordonatelor este proporțional cu abaterea razei orbitei de echilibru de la poziția bobinelor de măsură. Astfel exprimat, ecranul

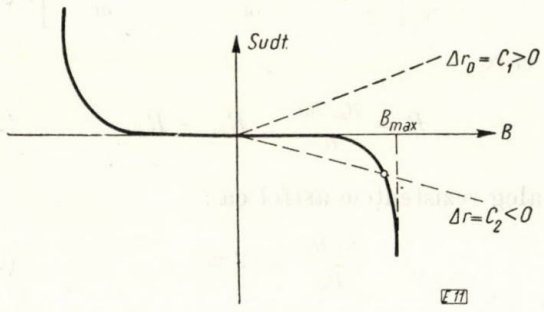


Fig. 11. Imaginea obținută pe ecranul osciloscopului catodic cu ajutorul schemei din figura 10.

osciloscopului poate fi etalonat printr-un sistem de drepte radiale, a căror pantă este proporțională cu diferența $r_e - r_0$ (fig. 11).

7. Concluzii

Au fost experimentate mai multe metode magnetice și o metodă radiometrică de determinare a razei orbitei de echilibru la un betatron.

Tabela 1

Metoda	Erori sistematice $\frac{\Delta r_e}{r_e}$ (%)		Rezultat
	De construcție	De metodă	
3.1.	1,1	4,1	Dependent de poziția azimutală
3.2.	1,6	0,07	249
4.1.	Peste 5 %	—	250
4.2.	4,4	—	249,5
5.	0,4	—	249

Toate determinările magnetice au fost efectuate cu ajutorul unui singur dispozitiv de măsură, iar rezultatele și erorile sistematice maxime posibile sînt comparate în tabela 1.

Din analiza diferitelor variante reiese că este superioară metoda comparării inducțiilor, folosind o bobină de cîmp director în formă de coroană circulară. Această metodă a fost folosită și la urmărirea variației în timp a poziției orbitei de echilibru.

★

Autorii mulțumesc prof. *Florin Ciorăscu*, director adjunct științific al Institutului de fizică atomică, pentru sprijinul și îndemnul permanent din partea domniei-sale, precum și ing. *Mihai Grecescu* și ing. *George Baciu*, pentru concursul prețios dat la efectuarea determinării prin metoda radiometrică.

Bibliografie

[1] HALTRICH S. și LEIBOVICI I. : Betatronul. Automatica și Electronica, *1* (1957), 3, pag. 119—129.
[2] KOPFERMANN H. : Die Elektronenschleuder. Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften *22* (1949), pag. 13—72.
[3] KERST D.W. : A 20-Million Electron-Volt Betatron or Induction Accelerator, Rev. Sci. Instr., *13* (1942), 9, pag. 387—394.
[4] WESTENDORP W. F., CHARLTON E. E. : A 100 — Million Volt Induction Electron Accelerator. Journ. Appl. Phys., *16* (1945), 10 pag 581—593.
[5] BOSLEY W. ș.a. : A 20 — MeV Betatron, Journ. I.E.E., *95* (1948), partea I, 92, pag. 352—358.
[6] VOROBIOV A. A., MOSKALIOV V. A. : Issledovania i razrabotki elektronnîh țikliceskih uskoritelei v Tomskom politehniceskom institute. Atomnaia energhiia, *4* (1958), 3, pag. 229—236.
[7] HALTRICH S., ILIESCU C., LEIBOVICI I. : Die Bestimmung des Sollkreisradius beim Betatron des Instituts für Atomphysik, Bukarest — Communicare la Colocviul asupra fizicii și tehnicii betatroanelor, Jena (R.D.G.), iulie 1961.
[8] DENISOV S.G. ș.a. : Issledovanie raspredeleniia elektronov v vakumnoi kamere betatrona. Jurnal tehniceskoi fiziki, *XXX* (1960), 1 pag. 31—36.
[9] MAJOR D., PERRY F.R., PHILLIPS K. : A 20—MeV Betatron for X-Ray Therapy, Proc. I.E.E., 102 (1955), partea I, pag. 845—856.
[10] A.E.C.U. — 2312, Case Institute of Technology Progress Report, 15 sept. 1951—15 sept. 1952.

Tendințe moderne în construcția aparatajului pentru instalații interioare în locuințe

Gheorghe Cosmin* — București

În cadrul fabricației aparatelor electrice de joasă tensiune, producția de aparataj pentru instalații interioare (întrerupătoare și comutatoare, prize și fișe, siguranțe de tablou etc.) ocupă un loc important atît ca volum, cît și ca preocupare. Într-adevăr, dezvoltarea și modernizarea acestor aparate este impulsionată nu numai de creșterea exigenței în ceea ce privește performanțele electrice și mecanice, dar și de necesitatea încadrării în noile linii arhitecturale moderne și a deservirii în condiții optime a utilajului electrocasnic în continuă extindere.

Din această cauză, în ultimii ani se manifestă în întreaga lume, și în special în țările socialiste, o puternică tendință de căutare a unor noi forme și principii constructive care să unească performanțe ridicate și forme cît mai estetice, cu gabarite reduse și cost minim [1, 2, 3, 4].

CZ 621.316.17 : 728

Întrerupătoare și comutatoare

Clasicele întrerupătoare și comutatoare rotative (fig. 1) sînt astăzi depășite. Manevrarea greoaie, longevitatea relativ redusă (maximum 20 000 de conectări), gabaritul mare, în special în adîncime, obligînd la folosirea dozelor de aparat înalte și la spargerea zidului pe adîncime mare, dificultatea asigurării unei presiuni mai concret uniforme, zgomotul supărător la manevrare, intensitatea nominală de numai 6 A au dus la reducerea relativă a cererilor și a volumului de fabricație pentru aceste aparate, ele rămînînd să fie folosite mai mult în cazuri speciale (aparate etanșe, comutări speciale etc.).

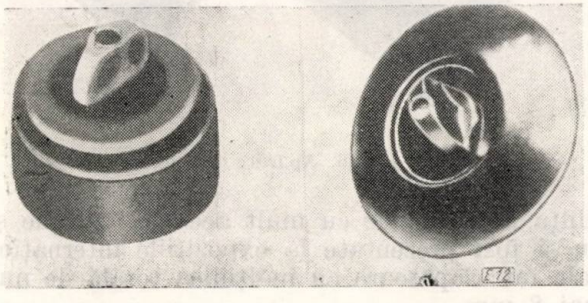


Fig. 1. Aparate rotative aparente și îngropate.

Dar nici aparatele basculante, fie cu buton (fig. 2), fie cu cumpănă (pendulare) (fig. 3, *a*), care au o manevrare mai ușoară, o longevitate ceva mai mare (circa 50 000 de conectări), însă aceleași lipsuri în ceea ce privește gabaritul și presiunea de contact, nu au reușit să satisfacă cerințele actuale.

Formele constructive clasice ale aparatelor rotative și basculante corespundeau unei anumite epoci, aceea a folosirii pe scară largă a curentului continuu. Pentru întreruperea acestuia este necesar dispozitivul de sacadare cu rupere bruscă și sistemul de contacte cu rupere dublă.

În condițiile actuale însă, în care curentul continuu este practic desființat în rețelele de

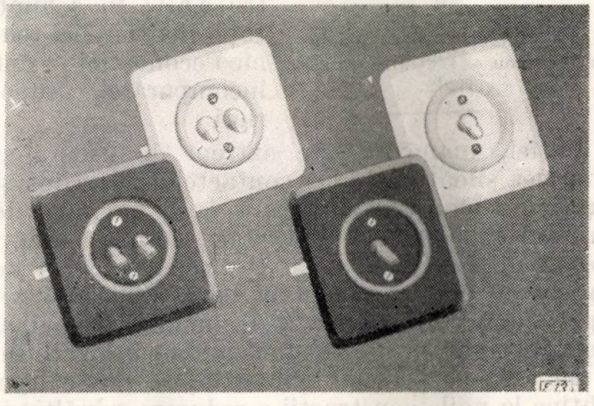


Fig. 2. Aparate basculante cu buton.

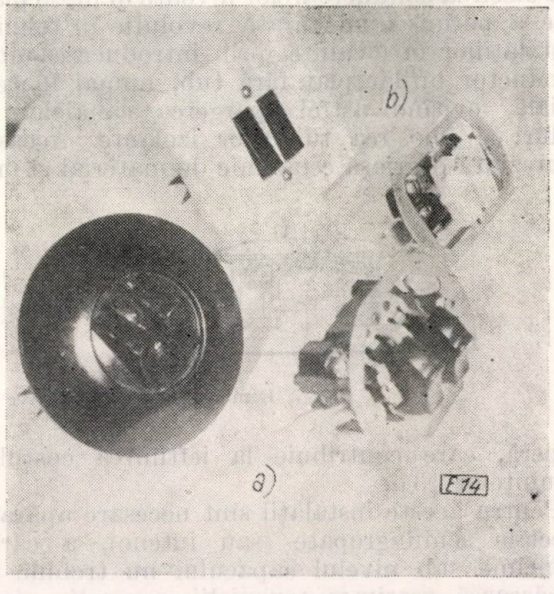


Fig. 3. Aparate pendulare (cumpănă) tip vechi (*a*) și nou (*b*).

* Ing. Gh. Cozmin este inginer la „Electroaparataj".

iluminat, aceste sisteme constructive greoaie sînt anacronice, ca și prevederile unor norme și standarde care le impun încă.

Renunțarea la principiile amintite, superflue, în curent alternativ, la tensiunile și curenții folosiți în iluminat a permis apariția unor noi tipuri constructive cu rupere simplă, cu contacte de argint și cu un sistem de sacadare care, deși asigură poziții ferme, nu imprimă contactelor o viteză mare în momentul deschiderii lor. Aceste aparate nu sînt folosite în curent continuu, avînd evident o capacitate de rupere mai redusă, (însă suficientă pentru c.a.); în schimb toți ceilalți indici tehnico-economici sînt incomparabil superiori.

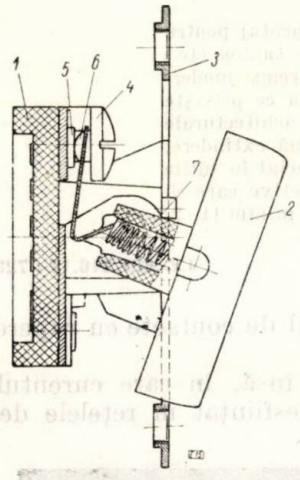


Fig. 4. Întrerupătoare pendulare tip nou — secțiune transversală.

Astfel, manevra este extrem de ușoară și complet silențioasă, iar contactele de argint și presiunea constantă asigură o longevitate de ordinul a 250 000 de conectări, cum și curenți nominali de 10 și chiar 15 A. Încercările de laborator pentru care s-au construit instalații speciale (fig. 5) au dovedit că numărul de 50 000 conectări garantat este mult depășit în realitate.

În ceea ce privește gabaritul, se poate ușor obține la noile construcții o reducere a înălțimii dozei de aparat de la 55 la circa 30 mm. Se poate obține însă și mai mult.

Folosirea conductoarelor învelite în mase plastice a permis o adevărată revoluție în tehnica instalațiilor în locuințe, prin introducerea unui conductor bifilar plat fără tub, numai în tencuială, evitînd astfel spargerea canalelor în ziduri și folosirea tuburilor izolante. Aceasta reprezintă o uriașă economie de material și manoperă, care contribuie la ieftinirea costului locuințelor [3].

Pentru aceste instalații sînt necesare aparate speciale semiîngropate (sau intenc), a căror adîncime sub nivelul capacului nu trebuie să depășească grosimea tencuielii, respectiv circa 14 mm cu doză cu tot (fig. 6 și 7).

Aceste aparate se realizează în general cu un capac mai bombat, ajungîndu-se la înălțimea

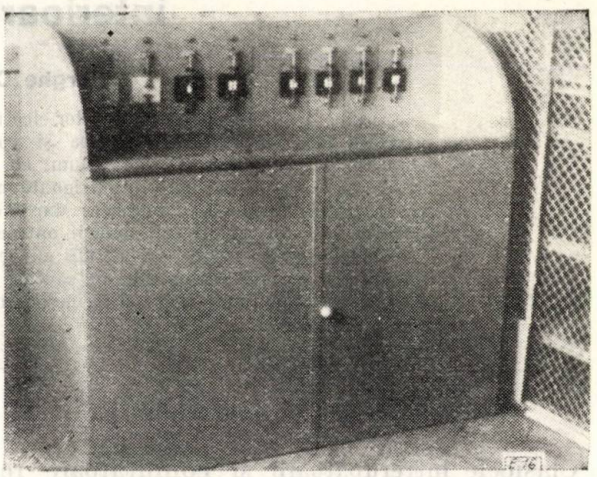


Fig. 5. Instalația de încercare a aparatelor pendulare — fotografie.

totală de circa 33 mm, față de 58 mm la aparatele rotative și basculante clasice. Există tendința de a reduce cu mult această înălțime și au și fost prezentate la expozițiile internaționale întrerupătoare cu înălțimea totală de numai 8 mm.

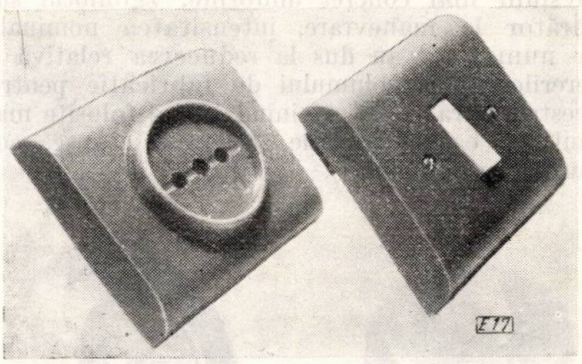


Fig. 6. Aparate intenc.

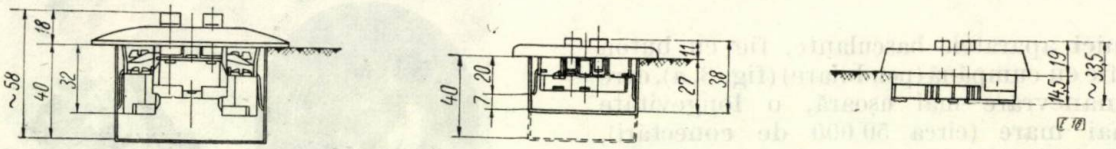


Fig. 7. Dimensiunile comparative ale diferitelor tipuri de aparate sub tencuială.

În privința formelor capacelor, la aparatele sub tencuială s-a renunțat complet la forma rotundă și s-au generalizat formele pătrate și dreptunghiulare.

Capacele de culoare deschisă, în special albe și crem, au luat locul celor sobre, de culoare

închisă, asortîndu-se astfel cu tonalitatea obișnuită în noile locuințe.

Și problema găsirii întrerupătorului pe întuneric a preocupat mult pe constructori. Rezolvarea acestei probleme a fost căutată pe două căi: pe de o parte s-a încercat folosirea substanțelor fosforescente sau luminiscente, pentru ca aparatul să poată fi văzut pe întuneric, pe de altă parte s-a așezat întrerupătorul mai la îndemînă, în imediata apropiere a clanței sau chiar pe ea. S-au realizat și aparate care aprind lumina în cameră în momentul deschiderii ușii.

În țara noastră, în cursul anului 1961 s-au menținut în fabricație aparatele rotative, însă s-au pus în fabricație și aparate pendulare de tip nou, cu contacte de argint atît în execuție îngropată, cît și semiîngropată, pentru instalații intenc. Acest tip de aparate s-a răspîndit și în alte țări socialiste, ca Bulgaria, Cehoslovacia etc.

Trebuie să menționăm tendința tot mai accentuată de înlocuire a sistemului actual de instalații interioare de lumină cu sistemul în care întrerupătoarele sînt înlocuite cu butoane care comandă pe tensiune redusă (42 V) o serie de mici contactoare concentrate pe un tablou central de distribuție. Deși pentru moment este mai costisitor, acest sistem permite o mai accentuată tipizare a elementelor instalației, folosirea de elemente prefabricate și va putea astfel concura instalațiile actuale într-un viitor apropiat [3].

Prize și fișe

La prizele bipolare de 10 A (fig. 8), respectarea condiției de a asigura o apăsare corespunzătoare atît pe piciorușele fișelor de 6 A (de 4 mm diametru), cît și pe cele ale fișelor de 10 A (de 5 mm diametru) a constituit întotdeauna o dificultate.

de oțel, fie resoarte elicoidale de presiune (fig. 9). Ultima soluție — cea mai sigură — a fost adoptată și la noi, încă din 1956, pentru prizele bipolare și a fost extinsă ulterior la prizele

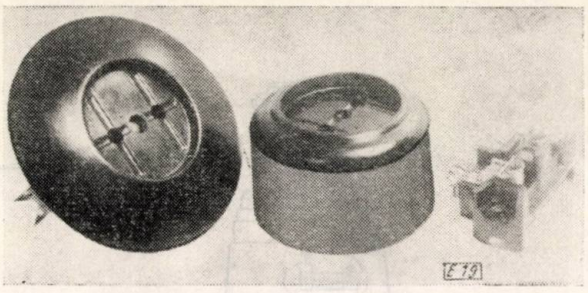


Fig. 8. Prize bipolare de 10 A.

tripolare de 10 și 25 A, sub o formă puțin diferită.

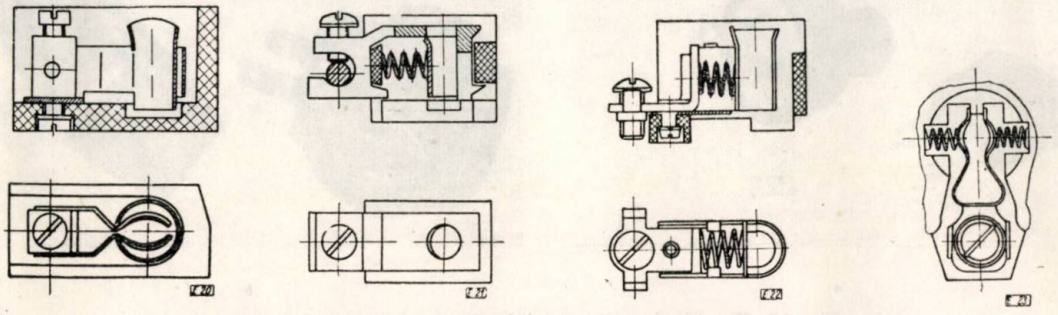
Din ce în ce mai mult se extinde folosirea prizelor cu contact de protecție o dată cu dezvoltarea utilizărilor casnice ale electricității.

În multe țări a și fost legiferată interzicerea folosirii prizelor fără contact de protecție [5,6].

A crescut exigența în ceea ce privește contactul electric realizat de contactele de protecție. Contactele laterale tip Schuko (fig. 10), care nu au dat rezultate prea bune, au fost înlocuite de unii constructori cu policontacte (fig. 11), iar acum s-au răspîndit mai mult contactele de protecție tip știft (fig. 12).

Se constată și în Europa tendința de a renunța la formele și dimensiunile clasice încă normalizate ale fișelor (diametrul de 4, respectiv 5 mm, și distanța între axe de 19 mm).

Adoptarea contactelor lamelate, cu o distanță între axe de numai 13 mm, permite construcții mai mici, mai economice, cu performanțe mai



a b c d

Fig. 9. Contacte de priză:
a — cuine kle oțel; b — cu contact profilat și resort (tip AEG); c — cu resort (tip Electroaparataj); d — cu două resoarte (tip Electroaparataj).

Această condiție impune o deosebită elasticitate a tecilor de contact, care nu poate fi asigurată numai prin elasticitatea materialului. De aceea, în toate construcțiile moderne au fost prevăzute fie inele de sîrmă sau bandă

bune și cu posibilitate comodă de agățare a fișei în priză (fig. 13). Contactele lamelare s-au impus în special la fișele tripolare, acestea devenind construcții normalizate pe plan internațional [7].

O formă nouă au luat prizele care servesc la așa-numitele instalații orizontale. În acest tip de instalații, conductele izolate în mase plastice sînt așezate sub pardoseală, ridicîndu-se pe verticală numai în dreptul locurilor

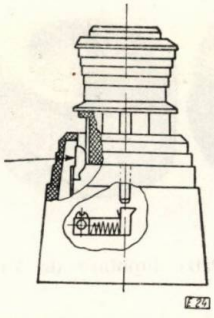


Fig. 10. Contacte de protecție tip Schuko.

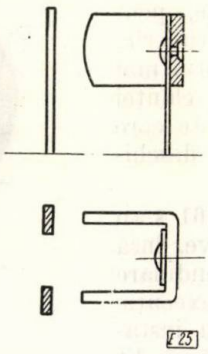


Fig. 11. Policontacte.

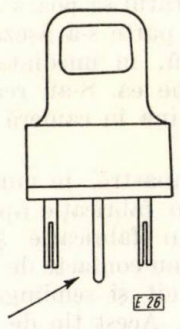


Fig. 12. Contact de protecție tip știft.

de priză sau întrerupător [3] (fig. 14); în această situație prizele trebuie completate cu o parte care să servească drept doză de ramificație și comportă o construcție puțin deosebită (fig. 15).

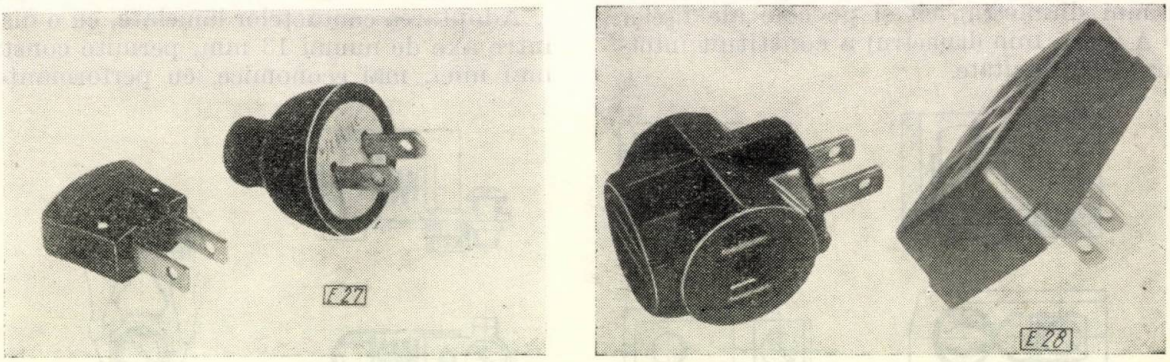
Pentru economie, prizele sînt așezate în acest caz foarte aproape de nivelul pardoselii, iar întrerupătoarele la circa un metru, la nivelul clanței. Conductele pentru întrerupătoare se trec prin tocul ușii. Toate lucrările se fac după tencuire și înaintea montării pardoselii. În acest sistem sînt necesare foarte mici lucrări de spargere ulterioară a tencuielii, fiind eliminat volumul principal de manoperă pentru aceasta, precum și pentru montarea dozelor de derivație, care se înlocuiesc printr-un panou central. Lucrările de montare se simplifică și mai mult, în cazul folosirii acestui sistem combinat cu cel de comandă prin butoane pe tensiune redusă.

Micșorarea înălțimii prizelor este și mai dificilă ca la întrerupătoare, deoarece apar două impedimente: lungimea normalizată a picioruşelor fișei de 19 mm și obligația, de asemenea normalizată, ca în momentul în care unul din picioruşe ajunge sub tensiune celălalt să nu mai poată fi atins. Această ultimă condiție impune forma rotundă a bazei fișelor și face ca la toate prizele care corespund acestor norme să apară un guler destul de înalt.

Trecînd peste norme, multe întreprinderi au renunțat nu numai la formele și dimensiunile normalizate de care vorbeam mai sus, dar nu respectă nici aceste condiții de tehnica securității, ceea ce constituie un serios pericol de electrocutare, în special la tensiunea de 220 V.

Cu toată economia și îmbunătățirea aspectului care se realizează, este discutabil dacă se poate merge pe această linie.

Nu poate fi neglijat faptul că tocmai nerespectarea acestei condiții la fișele triple a provocat cîteva accidente care au îndreptățit comitetul VDE să interzică fabricarea acestor fișe pe viitor [8].



a *b*

Fig. 13. Fișe bipolare (*a*) și triple (*b*), cu contacte lamelare.

La fișele triple obișnuite nu este respectată nici condiția ca să nu poată fi introdus un singur picioruș al fișei. Această problemă fusese oarecum rezolvată în construcțiile relativ noi, în care — prin introducerea unei piese ceramice ușor înclinate în interior — devenea imposibilă introducerea unui singur picioruș al

fișei. Dar fragilitatea acestei construcții și faptul că nu rezolvă și condiția menționată anterior au dus curînd la apariția altor modele, care păstrează oarecum forma veche a fișelor

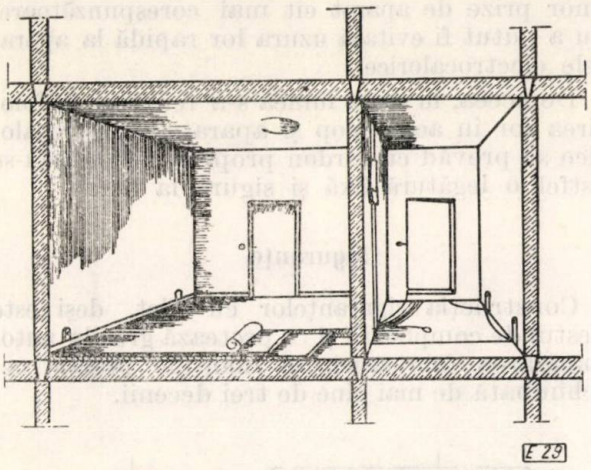


Fig. 14. Principiul de montare a instalațiilor orizontale.

triple, însă mult mărită și prevăzută cu gulere protectoare (fig. 16).

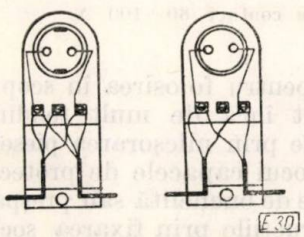


Fig. 15. Priză cu doză inclusă pentru instalații orizontale.

Fig. 16. Fișă triplă cu gulere de protecție.

Au apărut de asemenea soluții cu totul noi, ca prizele triple cu cordon (fig. 17).

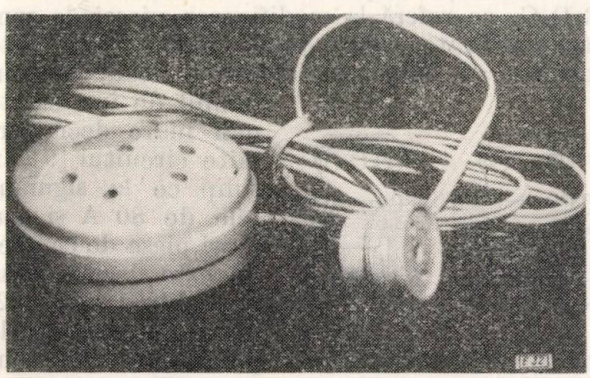


Fig. 17. Priză triplă cu cordon.

Tendința actuală în ceea ce privește instalațiile noi este să se prevadă un număr mai mare de prize în fiecare cameră; se construiesc de asemenea și prize cu două și trei intrări (fig. 18); și la noi este în curs asimilarea unor prize duble îngropate, cum și a unor prize triple cu cordon.

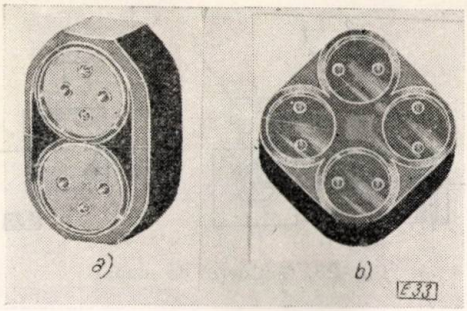


Fig. 18. Prize cu intrări multiple.

Cuplele moderne care corespund normelor sînt toate prevăzute cu guler de protecție, tot în scopul respectării condițiilor de mai sus (fig. 19).

În multe țări, ca și la noi, s-a impus scoaterea din fabricație a cuplelor plate, comode, dar periculoase.

Asigurarea presiunii de contact la cuple, fișe triple și în special la prize de aparat constituie o problemă încă incomplet rezolvată.

Din cauza lipsei de spațiu nu este posibilă introducerea unor resoarte elicoidale de presiune; soluțiile constructive curente sînt cu lamele cilindrice din bandă de oțel sau spire din sîrmă de oțel, care s rîng teaca de contact (fig. 20).

Îndeosebi la prizele de aparat folosite la aparate electrocalorice, această soluție nu dă rezultate prea bune, deoarece cu timpul, din cauza temperaturii mari la care este expus în permanență, oțelul își pierde calitățile de elasticitate și presiunea de contact devine din ce

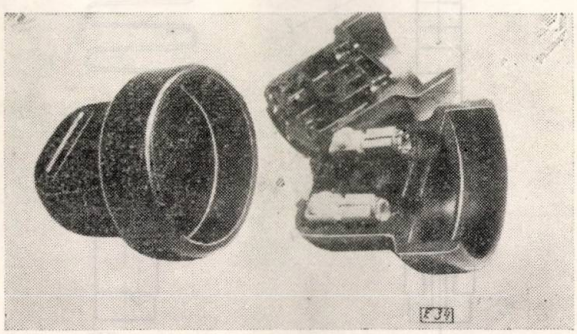


Fig. 19. Cuplă cu guler de protecție.

în ce mai slabă, ajungînd pînă la distrugerea contactelor și arderea prizei.

Construcția prizelor de aparat prezintă dificultăți serioase din toate punctele de vedere,

și pentru realizarea unor prize corespunzătoare au fost făcute peste tot studii aprofundate. Condițiile tehnice ce se impun acestor prize se verifică prin nu mai puțin de 28 de

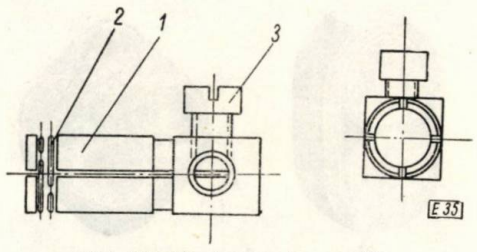


Fig. 20. Contacte de capă.

încercări, în care se folosesc, în afară de aparatele de măsură obișnuite, peste 10 dispozitive de construcție specială.

Una dintre problemele speciale este de a împiedica fluxul de căldură de la contacte să ajungă la borne. În acest scop teaca de contact este făcută astfel, încît să prezinte o rezistență maximă la trecerea căldurii.

Pentru aceasta este folosită o lamelă subțire și îngustă, de multe ori și foarte lungă, cu mai multe ondulații (fig. 21). Alteori teaca este executată din două piese diferite, unite între ele într-un singur punct.

Între cele două capace izolante este prevăzută, în același scop, o serie de orificii de aerisire. În momentul fixării piesei ceramice, teaca de contact este împinsă astfel, încît să nu atingă piesele de bachelită și nici un punct afară de bornă; ea rămîne suspendată între piesa ceramică și bornă, evitînd astfel arderea bachelitei.

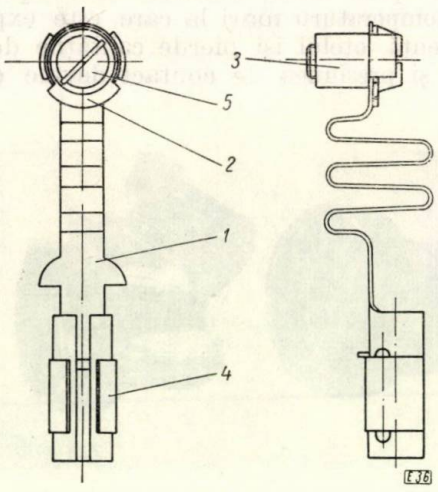


Fig. 21. Contact pentru priză de aparat.

La toate tipurile de fișe se pune și problema fixării cordonului independent de borne.

Una dintre ultimele soluții, dacă nu cea mai estetică, dar sigur cea mai tehnologică, este cea cu capetele șuruburilor în exterior, găurile filetate fiind chiar în brida de fixare. Această soluție a fost adoptată și la construcțiile din țara noastră.

Cu toată grija care s-a acordat realizării unor prize de aparat cît mai corespunzătoare, nu a putut fi evitată uzura lor rapidă la aparatele electrocalorice.

De aceea, în toată lumea s-a renunțat la folosirea lor în acest scop și aparatele electrocalorice se prevăd cu cordon propriu, asigurîndu-se astfel o legătură fixă și sigură la borne.

Siguranțe

Construcția siguranțelor cu filet, deși este destul de complicată și se pretează greu la automatizarea fabricației, se menține practic neschimbată de mai bine de trei decenii.

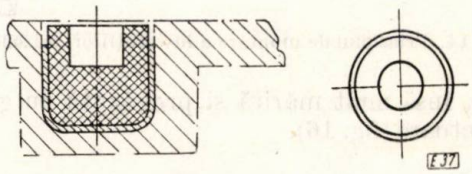


Fig. 22. Piesă de contact 80—100 A.

Totuși, în special pentru folosirea în scopuri industriale, a apărut încă de mult tendința de a reduce gabaritele prin micșorarea pieselor de porțelan, de a înlocui capacele de protecție din porțelan cu capace de bachelită sau preșpan, de a simplifica construcțiile prin fixarea soclurilor pe bare etc.

O altă tendință este de a înlocui siguranțele cu filet cu siguranțe tip fișă, care prezintă însă dezavantajul important al unei puteri de rupere mult mai reduse.

O inovație importantă realizată recent în R.D.G. se referă la modificarea piesei de contact calibrate, care — după cum se știe — este menită să împiedice folosirea unui patron fuzibil de intensitate mai mare decît permite circuitul [9]. În timp ce la siguranțele de 80 A și mai mari piesa de contact nu este decît o piesă de calibrare (fig. 22, 23, *a*), la siguranțele pînă la 60 A, la construcțiile clasice, aceasta este chiar un șurub de contact intermediar între patronul fuzibil și contactul de fund al siguranței (fig. 23, *b*, 24).

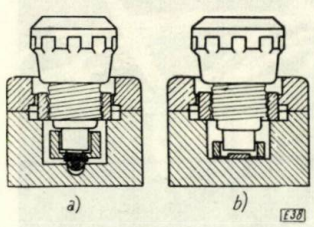


Fig. 23. Siguranțe cu fuzibil cu șurub de contact (*a*) și cu inel (*b*).

În ideea lichidării acestei oneroase neuniformități de concepție, a fost prevăzută modi-

ficarea construcției pieselor de contact de la 6 la 60 A, astfel ca să rămînă numai piesele de calibrare și cele de intensitate superioară (fig. 25). Economia de material și de manoperă realizată este foarte mare; în același timp,

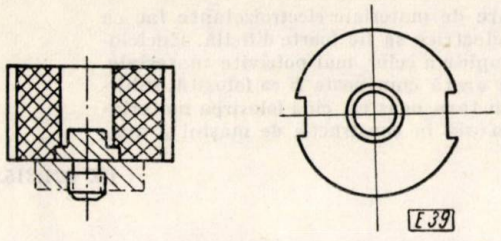


Fig. 24. Piesă de contact 6—60 A standardizată.

prin eliminarea unui contact suplimentar din circuit, se îmbunătățesc condițiile generale de funcționare.

Trebuie însă să observăm că studiul siguranțelor cu filet este trecut pe al doilea plan, deoarece tendința este de a le înlocui cu micile întrerupătoare automate monopolare, denumite și siguranțe automate (fig. 26). În prezent fiind realizate în sute de variante, pentru toate situațiile și pentru toate gusturile, aceste aparate reprezintă indiscutabil soluția modernă pentru protecția instalațiilor de lumină. Ca soluție tranzitorie, aproape în toate țările se continuă fabricarea siguranțelor automate cu bușon (tip Elfa), care pot fi montate în locul patroanelor fuzibile, în soclurile rezistente (fig. 27).

Și în țara noastră este în curs asimilarea acestor automate în ambele variante de bază, cu soclu și cu filet. Este de menționat că tipul cu soclu se fabrică încă de mult, însă este un model prea mare și impropriu utilizărilor casnice.

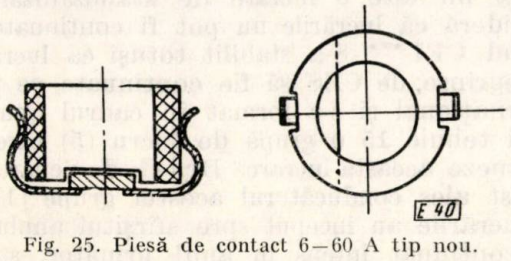


Fig. 25. Piesă de contact 6—60 A tip nou.

Sperăm că această succintă expunere a ultimelor realizări în domeniul aparatajului de instalații a reușit să facă evidentă tendința de a asigura construcții cît mai economice și, deci, cît mai tehnologice, perfect adaptabile funcțional și estetic noilor linii arhitecturale și constructive și care să asigure o comoditate și o securitate maximă în utilizare și la care să se folosească pe scară largă materialele cele mai moderne.

În țara noastră, în anul trecut, mobilizați de Directivele C.C. al P.M.R. cu privire la criteriile întrecerii socialiste în cinstea celei de-a 40-a aniversări a înființării P.C.R., s-au făcut eforturi deosebite pentru modernizarea și lărgi-

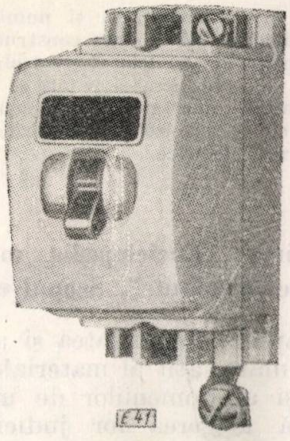


Fig. 26. Siguranțe automate cu soclu.

rea sortimentului aparatelor de instalații, astfe. încît ele să contribuie atît la ieftinirea locuințel lor, cît și la îmbunătățirea condițiilor de trai-

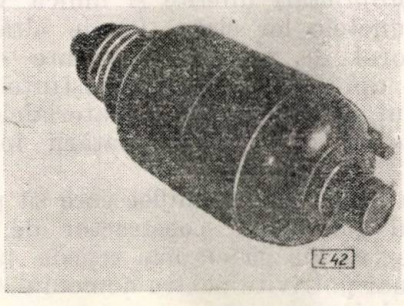


Fig. 27. Siguranțe automate cu filet.

Bibliografie

[1] BISCHOFF G.: Aparate pentru instalații electrice în locuințe, Deutsche Elektrotechnik, *11*, 1957, 4, pag. 25—28. Dosar I.D.T. 44 749.
[2] HEMMER H.: Neuzeitliche Starkstromanlagen im Wohnungsbau, Deutsche Architektur, *7*, 1958, 8, pag. 447.
[3] HEYNE W.: Stand und Entwicklung der Elektroinstallation im sozialistischen Wohnungsbau, Elektrie, *13*, 1959, 9, pag. 65—70.
[4] PLATH W.: Die elektrischen Anlagen in Hochhäusern, E.T.Z. — B *9*, 1957, 11, pag. 417—420.
[5] HAMEISTER G.: Schukostecker und Schukodose. Elektrizitätswirtschaft, *55*, 1956, 15, pag. 509—510.
[6] JESKE E.: Schutzmassnahmen in der Niederspannungs — Installation, E.T.Z.—B *9*, 1957, 11, pag, 431—435.
[7] NOVOTNY O.: Gerätesteckvorrichtungen—Elektrotechnik (Prag), 1959, 2.
[8] SCHRANK W.: Zwischenstecker brachte den Tod Lichttechnik, *11*, 1959, 8, pag. 415.
[9] MEYE H.: Leitungsschutzsicherungen für 500 V, Nennspannung, Elektrie, *13*, 1959, 10, pag. 78—81.

ŞTIRI CEI

Enciclopedia materialelor electroizolante

Remus Răduleţ, Cecilia Lefter şi Virgil Raicu * — Bucureşti

Diversitatea şi numărul din ce în ce mai mare de materiale electroizolante fac ca alegerea lor de către constructorii de maşini şi aparate electrice să fie foarte dificilă. Enciclopedia materialelor electroizolante face posibilă alegerea rapidă a celor mai potrivite materiale.

În lucrarea de faţă se prezintă Enciclopedia şi se arată cum poate fi ea folosită, subliniind importanţa cunoaşterii ei în condiţiile actuale din ţara noastră, cînd folosirea materialelor electroizolante moderne a devenit o problemă centrală în construcţia de maşini şi aparate electrice.

CZ 621.315.61(03)

Cum a apărut „Enciclopedia materialelor electroizolante". Scopul ei

Evoluţia rapidă, diversitatea şi numărul din ce în ce mai mare, atît al materialelor electroizolante cît şi al domeniilor de utilizare, fac foarte dificilă alegerea lor judicioasă — alegere de care depinde funcţionarea în bune condiţii şi durata vieţii maşinilor şi aparatelor electrice. Adeseori, documentaţia tehnică care însoţeşte aceste produse nu cuprinde domeniile de utilizare, dă aceeaşi denumire comercială unor produse care fac parte din aceeaşi clasă dar au proprietăţi diferite şi indică vag sau de loc punctele lor slabe. Pe de altă parte, constructorul de maşini şi aparate electrice nu poate aprecia, pe baza cunoştinţelor proprii, modul de comportare a materialelor electroizolante în condiţiile exploatării în regim variabil.

Trebuia deci găsit un mijloc care să permită inginerului electrician, constructor de maşini şi aparate, să aleagă cît mai repede materialele cele mai potrivite pentru domeniul de aplicaţie care-l interesează.

Această problemă s-a pus pentru prima dată la sesiunea CEI de la Opatija (Abazzia) — R.P.F. Iugoslavia — din anul 1953. Grupul de experţi ai Comitetului tehnic 15 a hotărît ca această problemă să constituie una dintre preocupările Comitetului tehnic 15 — Materiale electroizolante — (CT 15) al Comisiei Electrotehnice Internaţionale [1]. Pe baza acestei hotărîri a apărut „Enciclopedia materialelor electroizolante"; fiind o lucrare menită să cuprindă toate materialele electroizolante existente şi în care să se integreze materialele noi pe măsură ce apar, ea cere un volum de muncă care nu s-ar putea acoperi decît prin colaborare internaţională.

Lucrările desfăşurate pînă în prezent cu privire la „Enciclopedia materialelor electroizolante"

Pe baza celor discutate la Opatija în 1953, dr. G. de Senarclens **, ca preşedinte al Comitetului tehnic 15 al Comitetului electrotehnic elveţian (CES), dă în cursul anului 1954 redactarea primei forme a Enciclopediei. Autorul stabileşte o clasificare a materialelor electroizolante bazată pe modul de folosire, destinaţie şi unele particularităţi care influenţează prelucrarea lor, avînd ca rezultat 38 de grupe. Pentru fiecare grupă de materiale electroizolante el a întocmit cîte o tabelă care prezintă schematic proprietăţile lor principale. Pentru fiecare material izolant el a prevăzut întocmirea unei lucrări care să cuprindă o descriere a caracteristicilor sale generale, fizice şi chimice, întocmind chiar o astfel de monografie pentru politetrafluoretilenă (teflon) [3].

Prezentată la sesiunea CEI de la Philadelphia — S.U.A. — în 1954, într-o primă formă de proiect, Enciclopedia a fost acceptată după discuţii, cu tot protestul comitetului naţional englez, care — arătînd că Enciclopedia nu este o lucrare de standardizare — consideră că lucrările nu pot fi continuate în cadrul CEI *** S-a stabilit totuşi ca lucrările întreprinse de CES să fie continuate pe plan internaţional şi s-a format în cadrul Comitetului tehnic 15 o grupă de lucru (5) care să efectueze această lucrare. Dr. G. de Senarclens a fost ales conducătorul acestei grupe [1].

Lucrările au început spre sfîrşitul anului şi au continuat intens în anul următor, stabilindu-se 40 de grupe de materiale electroizolante, pe baza clasificării adoptate iniţial [4,5,6].

* Prof. dr. ing. R. Răduleţ, membru corespondent al Academiei R.P.R., este directorul Institutului de energetică al Academiei R.P.R. şi profesor şef de catedră la Institutul politehnic Bucureşti.

Ing. C. Lefter este asistentă la Institutul politehnic-Bucureşti.

Ing. V. Raicu este şef de lucrări la Institutul politehnic Bucureşti.

** Dr. G. de Senarclens este director adjunct al întreprinderii „Isolawerke" din Breitenbach (Elveţia). La începutul anului 1954 el a publicat în „Scientia elettrica" un articol asupra materialelor electroizolante, cu date, în special din industria elveţiană, prezentate unitar, sub formă de tabele, articol care a avut meritul de a oferi o vedere de ansamblu asupra acestora [2].

*** Comitetul naţional britanic revine în 1956 şi în 1959 cu acelaşi protest dar lucrările continuă în cadrul CEI considerîndu-se Enciclopedia ca foarte utilă, chiar dacă nu este o lucrare de standardizare propriu-zisă.

La sesiunea CEI de la München din 1956 [6, 7] au fost prezentate de CES pentru discutare 13 tabele de grupe care permit compararea rapidă a proprietăților materialelor electroizolante din aceeași grupă și o primă monografie model (polietilentereftalatul, privit numai ca material izolant, sub formă de folii). Ele au fost aprobate și s-a hotărît ca CES să termine pînă în 1958 tabelele de grupe, pentru monografii înscriindu-se: Germania și S.U.A. pentru polistiren, respectiv polietilenă, ca material izolant sub diferite forme, Franța și S.U.A. pentru materiale stratificate cu rășini fenolice și elastomeri siliconici, ca materiale de sine stătătoare sau ca părți componente combinate, iar Belgia pentru lacuri.

În iulie 1958 s-a tipărit în Elveția, de către CES sub egida CEI, ediția provizorie a Enciclopediei în limba franceză (80 de pagini) [8], cuprinzînd o parte introductivă, 27 de tabele sinoptice de grupe și fișe documentare pentru celelalte materiale, ale căror caracteristici nu au putut fi prezentate sub formă de tabele. Cheltuielile editării au fost suportate de CES și ASE.

Prezentată la sesiunea CEI de la Västeras — Suedia — în 1958 [9], ediția provizorie s-a bucurat de mult succes. Totodată, s-a hotărît elaborarea unor prototipuri de monografii, primele monografii fiind gata — cu excepția unor date numerice asupra proprietăților, care urmează să fie completate de producătorii din diferite țări. Aceștia, precum și cei care le folosesc, vor trebui ca — prin contribuții la datele de bază ale tabelelor și monografiilor și prin corectarea la zi a datelor privitoare la proprietățile materialelor — să dea cele mai valoroase indicații pentru folosirea optimă a materialelor electroizolante. S-a hotărît ca finanțarea elaborării monografiilor să cadă în sarcina comitetelor naționale.

În anul 1959, lucrarea a fost tradusă în limba germană, a fost terminată traducerea ei în limba polonă, ediția engleză fiind în curs de apariție în S.U.A. sub formă de document al AIEE. S-a terminat elaborarea prototipurilor de monografii.

În anul 1960 a apărut prima ediție a Enciclopediei materialelor electroizolante [10], redactată tot de către CT 15 al CES, din dispoziția și sub egida CEI. Ea cuprindea, în 84 de pagini, o parte introductivă, clasificarea materialelor electroizolante, 30 de tabele sinoptice comparative și fișe documentare, permițînd informarea rapidă asupra a 240 de materiale electroizolante — gaze, lichide și solide. A fost prevăzută începerea editării monografiilor.

Dintre monografiile elaborate [11] cităm: hidrogenul; hidrocarburile aromatice clorurate (ascareli); foliile de acetat, triacetat și acetobutirat de celuloză; steatita, forsterita și cordierita; clorura de polivinil plastifiată pentru piese, fire și cabluri; piese din polistiren; materiale izolante stratificate; fenoplaste pe bază de hîrtie de celuloză; ceruri minerale; cerezina, ozocherita, parafina, vaselina, ceruri microcristaline; rășini epoxidice solide, fuzibile și pentru formare la cald etc.

La sesiunea CEI de la New-Delhi, în 1960 [12] s-a hotărît ca cele 35 de state membre (dintre care face parte, începînd din anul 1957, și țara noastră) să-și asume răspunderea elaborării monografiilor. Aceste monografii, redactate pe baza prototipurilor de monografii ce vor fi puse la dispoziție de către CT 15, vor fi discutate, unificate și aprobate în ședințe speciale.

Pentru definitivarea unei juste repartizări a lucrărilor, care să țină seamă și de preferințe, s-a hotărît ținerea unei ședințe speciale a Comitetului tehnic 15, în aprilie 1961, la Paris.

Prezentarea lucrării*

În partea introductivă, după expunerea scopului lucrării, se arată că Enciclopedia cuprinde:

— o clasificare a materialelor izolante;

— tabele sinoptice de grupă și fișe documentare;

— monografii descriind proprietățile materialelor electroizolante.

a) *Clasificarea*

La baza Enciclopediei trebuie să existe o clasificare cu care să înceapă lucrarea. Existau însă mai multe posibilități de clasificare:

— *Pe baza constituției chimice.* Aceasta nu este recomandabilă, pentru că cele mai multe materiale electroizolante nu au o singură componentă. În afară de aceasta, terminologia chimică nu este nici prea cunoscută, nici prea apreciată de către constructorii de mașini și aparate electrice, cărora le este adresată lucrarea.

— *Pe baza produsului principal care stă la baza tipului respectiv de material electroizolant*, ca de exemplu produse pe bază de mică, produse pe bază de rășini sintetice etc. Deși această clasificare este în prezent foarte folosită ea nu a fost aleasă, pentru că impune căutarea materialului corespunzător aplicației în diferite clase.

— *Pe baza destinației materialului izolant*, de exemplu: izolație pentru crestătură, pentru capetele de bobină, pentru impregnare etc. Această clasificare ar duce, dată fiind marea varietate de domenii în care se folosesc materiale electroizolante, la un număr prea mare de grupe. În afară de aceasta, un singur material ar putea fi cuprins în mai multe grupe, deoarece de cele mai multe ori același material electroizolant are mai multe utilizări.

* În articolul de față se prezintă ediția provizorie a Enciclopediei.

— *Pe baza unei anumite proprietăți, ca de exemplu stabilitatea termică.* Clasificarea materialelor izolante pe baza stabilității termice împarte materialele în clase de izolație cu anumite temperaturi de lucru maxime admisibile: clasa Y (90°C), clasa A (105°C), clasa E (120°C), clasa B (130°C), clasa F (155°C), clasa H (180°C) și clasa C (peste 180°C). Cum numărul de clase este prea mic, s-ar impune o nouă clasificare a numeroaselor materiale din cadrul fiecărei clase de izolație. De altminteri, clasificarea numai după temperatură nu poate corespunde, întrucît multe produse, deși rezistă la o anumită temperatură, devin necorespunzătoare la aceeași temperatură combinată cu solicitări mecanice și electrice.

În literatura de specialitate se alege unul sau altul dintre aceste moduri de clasificare, dat fiind scopul ei de informare generală asupra domeniului materialelor electroizolante.

În cazul Enciclopediei scopul fiind acela de a ajuta constructorului de mașini și aparate electrice să-și aleagă cît mai repede materialele corespunzătoare, se impunea o altă clasificare.

După ce s-au studiat toate posibilitățile amintite, s-a hotărît să se clasifice materialele electroizolante pe baza unor considerente practice și anume:

— starea finală (de gaz, lichidă, solidă);
— scopul final (înfășurare, impregnare etc.);
— modul de prelucrare sau folosire (cu sau fără schimbarea proprietăților fizice și chimice);
— particularități ce influențează întrebuințarea sa (solvenți, mase de umplutură etc.);
— starea și forma înaintea prelucrării (mase fără formă, de formă definită etc.).

Toți acești factori sînt prezentați schematic în tabela 1 a Enciclopediei. În tabela 2 (fig. 1) se prezintă această clasificare sub o formă simplificată, indicîndu-se numerotarea grupelor de materiale electroizolante. Cele 40 de grupe existente conțin materiale electroizolante cu aceeași stare și formă finală, care se folosesc în același mod și suferă aceleași transformări în decursul utilizării lor.

Două produse chimice identice, unul solid și altul lichid (de exemplu, siliconii solizi și lichizi), sau de aceeași stare, însă în forme diferite (de exemplu, fire de sticlă sau țesături de sticlă), fac parte din grupe diferite, pentru că nu se folosesc în același fel. Dacă însă două produse chimice diferite au aceeași stare inițială și finală și suferă același proces de transformare în decursul prelucrării, ele fac parte din aceeași grupă (de exemplu, foliile de triacetat de celuloză și polietilentereftalat).

Materiale încă necunoscute care ar putea apărea în viitor sînt ușor de introdus în Enciclopedie fără a se schimba principiul clasificării — fie introducîndu-le într-o grupă existentă corespunzătoare, fie creîndu-se o nouă grupă.

b) *Tabelele sinoptice de grupă și fișele documentare*

Fiecare dintre cele 40 de grupe de materiale electroizolante conțin în jurul a 20 de materiale. Indexul alfabetic al acestor materiale este cuprins în anexa 2 a Enciclopediei, prezentată în figura 2. Pentru 30 de grupe sînt redactate tabele sinoptice. Exemple de astfel de tabele sînt reprezentate în figurile 3 și 4.

Fiecare tabelă sinoptică are notată în partea de sus — în stînga — denumirea grupei, cu numerotarea ei, corespunzătoare tabelei 2. În partea de sus, în dreapta, sînt prezentate foarte succint date asupra modului de fabricație, a metodelor de prelucrare, a proprietăților speciale — chiar dacă acestea constituie deficiențe — și a modului de folosire a materialelor din grupa respectivă. Urmează date cu privire la caracteristicile generale ale fiecărui tip de material izolant din grupă, valori comparative asupra prețurilor și indicații asupra precauțiilor necesare în utilizare, prezentate sub formă de tabele. Asupra greutății specifice, constantei dielectrice, căldurii specifice etc. se prezintă date numerice; restul comportării materialului — rezistivitatea, rezistența la tracțiune, factorul de pierderi etc. — se prezintă cu ajutorul unor simboluri grafice. Sistemul de prezentare grafic, aprobat pe plan internațional la ședința CEI de la München, în 1956, permite ca alegerea și compararea materialelor să se facă într-un timp mult mai scurt decît ar permite datele numerice.

S-au adoptat ca simboluri grafice cercul alb — cu semnificația rău sau necorespunzător — și cercul negru — cu semnificația foarte bun sau foarte corespunzător. Valorile intermediare sînt redate prin cercuri cu sectoare negre mai mici sau mai mari, reprezentînd la scară logaritmică valorile numerice ale proprietății respective. Mai apare în tabele și alt simbol, cercul cu sectoare — alb, negru și haşurat. În acest caz, sectorul negru reprezintă valoarea minimă atinsă, pentru caracteristica respectivă, de către toate materialele din categoria respectivă, iar sectorul haşurat, valoarea obținută pentru caracteristica respectivă la produse de calitate specială (calitate îmbunătățită, în general, în detrimentul altor proprietăți).

În partea de jos a tabelelor sinoptice sînt indicate, pentru anumite caracteristici, valorile numerice limită care au servit la redactarea tabelelor, precum și metoda de măsură și unitatea de măsură.

În anexa 1 a Enciclopediei se dau, pentru 25 de proprietăți diferite, unitățile folosite, numărul tabelei sinoptice corespunzătoare și valorile numerice folosite ca bază în prezentarea materialelor, pentru diferite mărimi ale sectoarelor negre. Se atrage atenția că aceste valori sînt orientative și nu trebuie să fie luate ca bază pentru proiectare.

Fig. 1. Prezentarea tabelei 2 din Enciclopedie

Clasificarea materialelor electroizolante şi numerotarea grupelor

Numărul grupelor		
1 Materiale izolante gazoase		**111** Gaze şi vapori
2 Materiale izolante lichide		**211** Materiale izolante lichide
3 Materiale izolante solide de toate formele, care nu suferă nici o transformare în timpul prelucrării	31 Materiale izolante solide fără formă definită	**311** Mase moi **312** Pulberi, fulgi, fibre
	32 Materiale izolante solide filiforme	**321** Fire şi şnururi **322** Fire şi şnururi impregnate
	33 Materiale izolante solide planiforme	**331** Materiale izolante planiforme anorganice (mică etc.) **332** Pelicule şi folii **333** Hîrtii, cartoane şi produse similare **334** Ţesături şi produse similare **335** Hîrtii şi ţesături impregnate sau lăcuite (şi sub formă de teacă) **336** Stratificate planiforme (materiale izolante pentru creştături etc.)
	34 Materiale izolante solide spaţiale nestratificate	**341** Materiale izolante spaţiale anorganice (ceramică, sticlă etc.) **342** Materiale izolante turnate termorigide **343** Materiale izolante turnate termoplastice **344** Elastomeri (cauciucuri vulcanizate etc.) **345** Alte materiale izolante spaţiale nestratificate
	35 Materiale izolante solide spaţiale stratificate	**351** Stratificate spaţiale
4 Materiale izolante solide planiforme pentru înfăşurare şi suprapunere, urmate de o fixare a straturilor suprapuse (materialele izolante din grupele 411...431 sînt acoperite pentru aceasta cu adeziv)	41 Materiale izolante solide planiforme cu lipire la rece	**411** Pelicule adezive **412** Hîrtii şi ţesături adezive **413** Stratificate planiforme adezive
	42 Materiale izolante solide planiforme cu lipire la cald	**421** Folii cu lipire la cald **422** Hîrtii şi ţesături cu lipire la cald **423** Stratificate planiforme cu lipire la cald (în special produse de mică)
	43 Materiale izolante solide planiforme cu lipire la cald; adezivul conţine un solvent	**431** Materiale izolante planiforme „umede" (în special produse de mică)
	44 Materiale izolante solide planiforme cu lipire prin simplă topire	**441** Filme şi folii cu lipire prin simplă topire
	45 Materiale izolante solide planiforme cu lipire prin topire şi transformare chimică	**451** Filme şi folii cu lipire prin topire şi transformare chimică
5 Materiale izolante solide în stare finală dar lichide sau păstoase la utilizare pentru umplere, lăcuire, ungere sau încleiere	51 Materiale izolante care devin solide prin transformare fizică (congelare, evaporarea unui solvent sau gelifiere)	**511** Mase izolante fuzibile fără umplutură, lichide la cald **512** Mase izolante fuzibile cu umplutură, lichide la cald **513** Lacuri izolante fără pigmenţi, cu uscare prin evaporarea unui solvent **514** Lacuri izolante cu pigmenţi, cu uscare prin evaporarea unui solvent **515** Plastisoli şi organosoli **516** Adezivi, chituri cu uscare prin evaporarea unui solvent
	52 Materiale izolante care devin solide prin transformare chimică (polimerizare, policondensare sau poliadiţie)	**521** Răşini care se întăresc, fără solvenţi, fără pigmenţi, pentru turnare şi impregnare **522** Răşini care se întăresc, cu solvenţi, cu pigmenţi, pentru turnare şi impregnare **523** Mase păstoase care se întăresc, fără solvenţi
	53 Materiale izolante care devin solide prin transformare fizică şi chimică (evaporarea unui solvent, apoi oxidare, polimerizare, policondensare sau poliadiţie)	**531** Lacuri izolante de impregnare a înfăşurărilor şi de protecţie a produselor electrotehnice, cu uscare prin evaporarea unui solvent şi proces chimic **532** Lacuri izolante pentru finisare cu pigmenţi, cu uscare prin evaporarea unui solvent şi proces chimic **533** Lacuri izolante pentru emailarea conductoarelor electrice **534** Adezivi şi chituri cu uscare prin evaporarea unui solvent şi proces chimic

Fig. 2. Prezentarea anexei 2 din Enciclopedie

Lista alfabetică a materialelor electroizolante

A. Acetat de celuloză 321, 332, 336, 343, 411, 513
Acetat de vinil 513, 516
Acetobutirat de celuloză 332, 343, 513
Alb de titan 312
Alb de zinc 312
Alchide 342, 531, 534
Amidon 516
Ardezie 341
Asbest 312, 321, 333, 335, 336
Ascareli 211

B. Baritină (sulfat de bariu) 312
Benzi adezive 411
Benzi de mică 336, 423
Benzi lăcuite 335
Benzilceluloză 343
Biotite 331
Bitumuri 511
Bumbac 321
Bumbac acetilat 321

C. Caolin 312
Carborund 312
Carnauba 511
Cartoane 333
Cauciuc clorurat 513
Cauciucuri naturale şi sintetice 344, 345, 451, 516
Cazeină 345
Celuloză regenerată 332, 411
Ceramici 341
Cerezină 511
Ceruri 511
Chituri 516, 523, 534
Cimenturi 523
Cleiuri 516, 523, 534
Cloracetat de vinil 321, 513
Clorhidrat de cauciuc 332
Clorură de polivinil 321, 332, 343 345, 411, 441
Clorură de poliviniliden 321, 332, 343, 411, 441
Cordierită 343
Corindon 312
Crestături (materiale izolante pentru) 336
Cretă 312
Cuarţ 312, 341
Cumaron 511

D. Dextrină 516
Difenili cloruraţi 211, 511

E. Elastomeri 335, 516
Epoxi (răşini) 342, 351, 423, 431, 521, 523, 531, 533, 534
Esteri (lichide izolante) 211
Eteri celulozici 332, 343, 513
Etilceluloză 332, 343, 513

F. Fecule 516
Fenol formaldehidă (răşină) 341, 351, 531
Fibră vulcan 333, 351
Fibre 312
Filme 332, 336
Fire emailate 533
Fire impregnate 322
Fire (şi şnururi) 321
Fish paper (fibră vulcan subţire) 333
Flogopite 331
Fluor flogopită 331
Folii 332, 421/422 441, 451
Folii adezive 411
Folii cu lipire la cald 421/422
Folii cu lipire prin topire 441
Folii cu lipire prin topire şi transformare chimică 451
Formate (piese) 343
Ftalat de dialil 351
Fulgi 312

G. Gaze 111
Gliptal 513, 534
Gudroane 511

H. Hidrocarburi clorurate sau fluorurate 211
Hîrtii 333, 336
Hîrtii adezive 412
Hîrtii cu lipire la cald 421/422
Hîrtii unse sau lăcuite 335

K. Kiselgur 312

L. Lacuri izolante 513, 514, 531, 532, 533
Lanosterină (ceară animală) 511
Lemn 312, 345, 351
Lepidolite (mice cu litiu) 331
Linter (celuloză) 312, 333
Litopon 312

M. Marmură 341
Mase de turnare 511, 512, 521, 522
Mase moi plastice 311
Mătăsuri 321
Mătăsuri lăcuite 335
Melaminoformaldehidă (răşină) 342, 351
Micalex 341
Micafoliu 423
Mice 312, 331, 333, 336, 351, 423, 431
Mică pe suport de mătase 336, 423
Muscovit 331

N. Naftalină clorurată 511
Nitrat de celuloză 343, 513, 516

O. Organosoli 515
Ozocherită 511

P. Parafine clorurate 511
Paragonite (mice sodice) 331
Pelicule 411
Plastigeli 515
Plastisoli 515
Poliacrilonitril 321
Poliamide 321, 332, 343
Poliesteri epoxidici 423, 431
Poliesteri nesaturati 342, 351, 521, 523
Polietilenă 321, 343, 345, 411, 441, 511
Poliizobutilenă 211, 332, 441
Polistiren 332, 343, 345, 441, 513
Politetrafluoretilenă 321, 332, 335, 343, 351, 451, 533
Politrifluorcloretilenă 332, 343
Poliuretani 321, 343, 345, 531, 533, 534
Polivinilacetali 533
Polivinilbutiral 343
Polivinilcarbazol 343
Polivinilmetacrilat 343

	Porţelan	341
	Preşpan	333
	Pulberi	312
R.	Rag paper (hîrtie din cîrpe)	333
	Răşini cardanol	521
	Răşini de turnare	521
	Răşini epoxidice	342, 351, 423, 431, 521, 523, 531, 531, 534
	Răşini fenolformaldehidice	342, 351, 513, 521, 531, 533, 534
	Răşini melaminoformaldehidice	342, 351
	Răşini ureoformaldehidice	342, 351, 533 534
	Rope paper (hîrtie din cînepă de Manila)	333
S., Ş.	Şellac	421/422, 423, 511, 513, 516
	Siliconi	211, 335, 342, 344, 351, 421/422, 451, 531, 533
	Şnururi	321
	Şnururi impregnate	322
	Spume	345
	Steatită	341
	Sticlă	321, 333, 335, 336, 341
	Stratificate	351
	Stratificate planiforme adezive	413
	Stratificate planiforme cu lipire la cald	423
T.	Talc	312
	Teci	334
	Tereftalat de polietilenglicol	321, 332, 336, 411, 533
	Ţesături	334
	Ţesături adezive	412
	Ţesături cu lipire la cald	421/422
	Ţesături lăcuite	335, 336
	Tiocol	344
	Titan (alb de)	312, 341
	Triacetat de celuloză	332, 336, 411
U.	Uleiuri minerale	211
	Ureoformaldehidă (răşină)	342
V.	Vapori	111
	Vaselină	511
	Viscoză	321
Y.	Yoshino (hîrtie subţire japoneză)	333

În multe cazuri, ca de exemplu la rezilienţă, rezistenţa la arc sau efluvii, rezistenţa la agenţi chimici etc. nu se indică valori numerice, întrucît prin metodele convenţionale de măsură nu se pot obţine date certe asupra comportării materialelor şi s-ar putea provoca confuzii.

Unele valori cuprinse în tabelele sinoptice trebuie examinate cu atenţie, întrucît depind de metoda de măsurare; de exemplu, rigiditatea dielectrică depinde de forma şi dimensiunile electrozilor, de durata încercării, de mediul ambiant etc.

Tabelele sinoptice de grupă nu sînt identice, deoarece pentru fiecare grupă s-au ales cele mai potrivite caracteristici, cele mai interesante pentru grupa respectivă.

Pentru grupele de materiale care nu au putut fi prezentate sub formă de tabelă sinoptică s-au elaborat fişe documentare conţinînd descrierea proprietăţilor materialelor din grupa respectivă. Un exemplu de fişă documentară este prezentat în figura 5.

c) *Monografiile*

Atît tabelele sinoptice cît şi fişele documentare dau o primă orientare asupra alegerii materialului izolant. Ele nu conţin însă asupra tipului de material ales tot ceea ce este util şi important pentru a permite folosirea lui în condiţii optime. De aceea, în lucrarea prezentată se arată că Enciclopedia trebuie completată cu monografii asupra fiecăruia dintre materialele care alcătuiesc grupele.

Monografiile care vor fi elaborate în anii următori vor avea o formă apropiată de schema din figura 6. Cea mai importantă parte a monografiei este desigur partea a treia, care constituie partea de exploatare, cuprinzînd însemnări asupra experienţelor şi precauţiei necesare la folosirea materialelor electroizolante. De această parte depinde în cea mai mare măsură valoarea monografiei.

Forma exactă a monografiilor nu poate fi stabilită urmînd să fie adaptată diversităţii materialelor electroizolante.

Modul de folosire a Enciclopediei

Completată cu monografiile prevăzute, Enciclopedia poate aduce un mare sprijin constructorului de maşini şi aparate electrice.

Folosirea ei este concepută astfel: în primul rînd se caută în tabela de clasificare grupa cu numărul ei, care conţine materialele electroizolante, în forma şi cu modul de prelucrare dorit. Din tabela sinoptică sau fişa documentară a grupei respective se alege materialul cel mai potrivit şi apoi se foloseşte monografia, care dă toate datele necesare utilizării optime.

Denumirile materialelor electroizolante din Enciclopedie sînt ştiinţifice, ceea ce este corect, chiar dacă prezintă unele dificultăţi pentru constructori. S-a convenit să se redacteze ulterior un nomenclator „cheie" care să dea toate denumirile comerciale corespunzătoare termenilor ştiinţifici.

Fig. 3. PREZENTAREA TABELEI SINOPTICE A GRUPEI 332 DIN ENCICLOPEDIE

Materiale electroizolante

Tabelă sinoptică de grupă

Grupa 332: Filme și folii

CES/CT 15 sub egida CEI

Această grupă cuprinde produse din mase plastice omogene, planiforme, nedepășind 0,5 mm grosime, pentru folii rigide, și 1 mm, pentru folii suple. Aceste folii se pot fabrica prin: turnare (coagulare sau evaporare a unui strat subțire de soluție), laminare, calandrare, extrudere cu ajutorul unei filiere plate sau inelare, uneori urmată de întindere (de exemplu, suflaj), turnare prin compresie sau tăiere din blocuri. Se obțin prin turnare folii de aproximativ 0,01 – 0,2 mm grosime, iar prin tăiere folii de aproximativ 0,1 – 0,3 mm. Foliile mai groase se obțin prin calandrare, extrudere și turnare prin presiune. Întinderea în continuare a foliilor conduce la o orientare moleculară din care rezultă o modificare a proprietăților mecanice (spre exemplu, o creștere a rezistenței la tracțiune). Foile care au suferit întinderea sînt anizotrope, adică anumite proprietăți (de exemplu, rezistența la tracțiune, alungirea la rupere) nu sînt identice în toate direcțiile. Prin încorporarea de plastifianți, cele mai multe produse termoplastice pot fi făcute mai suple, ceea ce influențează în general în mod defavorabil anumite proprietăți mecanice, electrice și termice. Foliile sînt utilizate ca izolație intermediară în aparatele și mașinile electrice și pentru acoperirea conductoarelor și bobinelor. Supuse la eforturi electrice de scurtă durată, cele mai multe dintre folii prezintă rigidități dielectrice ridicate. Totuși, cum rezistența la efluvii pentru toate foliile este mijlocie sau redusă, efortul electric, dacă este prelungit, trebuie menținut sub limita la care s-ar produce efluvii în straturile de aer adiacente. Numai în izolațiile fără încluziuni de aer, adică umplînd integral toate interstițiile cu un material izolant solid sau lichid, se poate obține maximum de avantaje în ceea ce privește rigiditatea dielectrică excepțională a foliilor izolante * Anumite pelicule și folii termoplastice, de cele mai multe ori aplicate sub formă de benzi, pot fi sudate într-o masă compactă (grupa 441).

Denumirea	Metoda de fabricație	CARACTERISTICI GENERALE																			Precauțiuni în utilizare	Numărul monografiei
		Greutatea specifică, g/cm³	Proprietăți electrice: Rezistivitatea transversală (de volum)	Proprietăți electrice: Factorul de pierderi la $50 \div 10^6$ Hz, tg δ	Proprietăți electrice: Constanta dielectrică relativă, ε_r	Proprietăți electrice: Rezistența la efluvii (efect corona)	Proprietăți electrice: Stabilitatea proprietăților electrice în funcție de temperatură	Proprietăți electrice: Stabilitatea proprietăților electrice în funcție de umiditate	Proprietăți mecanice: Rezistența la tracțiune	Proprietăți mecanice: Alungire la rupere	Proprietăți mecanice: Rezistența la sfîșiere	Proprietăți mecanice: Stabilitatea proprietăților mecanice în funcție de temperatură	Temperatura maximă, admisibilă în funcționare	Rezistența la agenți chimici: Apa	Rezistența la agenți chimici: Solvenți ai locurilor de impregnare	Rezistența la agenți chimici: Uleiurile minerale	Rezistența la agenți chimici: Dielectrici clorurați	Permeabilitatea la vapori de apă	Sudabilitatea **	Valorile comparative de prețuri		
Celuloza regenerată	turnare	1,4 – 1,5			6,5 – 8								60 – 105								în prezența umidității, pericol de coroziune electrolitică	
Acetatul de celuloză (în special diacetat)	turnare, extrudere	1,2 – 1,3			3 – 7								60 – 105									
Triacetatul de celuloză	turnare	1,2 – 1,3			3,5 – 6								60 – 120									
Acetobutiratul de celuloză	turnare, extrudere	1,2 – 1,3			3,5 – 6								60 – 120									
Celuloza etilică	turnare	1,1 – 1,2			3 – 4								55 – 90									
Polietilena	calandrare, extrudere (suflare)	0,9			2,3								60 – 90								sensibil la lumina solară	

Polisterenul	turnare, extrudere	1,0 – 1,1	●	●	2,2 – 3	◑	◑	●	◔	◔	◕	◔	60 – 90	●	◑	◑	○	◑	●	◕		
Clorura de polivinil neplastifiată	calandrare, turnare, extrudere	1,3 – 1,8	●	◔	3 – 4	◑	◔	●	◔	◔	◕	◔	75 – 90	●	●	●	○	◑	●	◕		
Clorura de polivinil plastifiată	calandrare, turnare, extrudere	1,2 – 1,7	◔	◔	4 – 7	◑	◑	◕	◔	◕	◕	○	75 – 90	◕	◑	◑	○	◑	●	◕		
Clorura de polivinilden	calandrare, turnare, extrudere	1,6 – 1,7	◔	◔	3 – 5	◑	◑	●	◔	◕	◕	◔	75 – 90	●	●	●	○	◑	●	◕		
Politetrafluoretilena	tăiere, turnare	2,2	◔	◕	2	◔	◕	●	○	◑		◔	180 – 250	●	●	●	●	●		○		
Politrifluorcloretilena	turnare, extrudere	2,1	●	◑	2,1 – 2,8	◔	◕	●	◔	◕		◔	130 – 155	●	●	●	●	●		○		
Poliamida	extrudere	1,1	◕	◔	4 – 6	◕	◑	◔	◑	◕		◔	90 – 105	◕	●	◑	◑	◑		◕		
Tereftalatul de polietilenglicol	turnare	1,4	◕	◕	3	◑	◕	◕	◕	◕	◕	◔	90 – 130	◕	●	●	●	◕		◔		
Clorhidratul de cauciuc	turnare	1,1			3				◔	◕	◕	◔	75 – 90	◔	◑	●	●	◕	●	◕		

○ rău

● excelent

◔ domeniu de variație între calitățile mai puțin bune și cele mai bune

Valori numerice care au servit la redactarea tabelei (scări logaritmice)

(nu trebuie să servească drept bază pentru proiectare)

Metoda de încercare	Ω cm			kg/cm²	%	ASTM kg/cm		Absorbția, %		g·mm / m²d·Torr			
○	$<10^9$	>0,3		<250	<4	<6,3		>25		>30		>100	
●	$>10^{16}$	<0,0001		>6 300	>500	>160		<0,2		<0,01		<4	

* Acesta este motivul pentru care se pot da valori comparative utilizabile pentru rigiditatea dielectrică a foliilor.

** Produsele prezentate în această coloană (filme și folii cu lipire prin simplă fuziune) aparțin de asemenea grupului de clasificare 441.

Fig. 4. PREZENTAREA TABELEI SINOPTICE A GRUPEI 531 DIN ENCICLOPEDIE

Materiale electroizolante

Tabelă sinoptică de grupă

Grupa 531: Lacuri izolante de impregnare a înfăşurărilor şi de protecţie a produselor electrotehnice, fără pigmenţi, cu uscare prin evaporarea unui solvent şi proces chimic

CES/CT 15, sub egida CEI

Lacurile izolante din această grupă sînt, la livrare, soluţii de răşini sintetice sau naturale, combinate de cele mai multe ori cu uleiuri sicative sau alţi agenţi de înmuiere într-un solvent potrivit. Uscarea lacurilor este o consecinţă a două fenomene distincte – evaporarea solventului, care nu are alt scop decît de a da lacului o viscozitate convenabilă, şi transformarea chimică a corpurilor dizolvate în acest solvent, oxidare pentru lacurile oleorăşinoase, policondensare, polimerizare sau poliadiţie pentru celelalte lacuri Aceste transformări se fac cu uşurinţă cînd lacul formează o peliculă subţire, însă cu greu dacă este într-un strat gros, de exemplu la o înfăşurare impregnată. Unele lacuri nici măcar nu se usucă în strat gros. Proprietăţile finale ale unui lac de impregnare depind mult de abilitatea celui care îl foloseşte şi de echipamentul de care dispune. Dificultatea principală constă în a evita ca suprafaţa să se usuce înainte ca solvenţii să fi părăsit interiorul înfăşurării impregnate. Oricare ar fi precauţiile luate, proprietăţile unui lac care se găseşte în interiorul unei înfăşurări nu sînt acelea care se măsoară pe o peliculă de lac aplicată într-un strat subţire pe o suprafaţă netedă. Trebuie de asemenea să se ţină seamă de faptul că solventul, evaporîndu-se, lasă un spaţiu vid în înfăşurare, care poate să aibă o influenţă defavorabilă asupra izolaţiei maşinii, mai ales la tensiune înaltă. Acest inconvenient nu există pentru lacurile fără solvent, din grupa 521. Proprietăţile electrice ale unei pelicule de lac uscate sînt în general excelente; ele scad însă sub efectul umidităţii şi al creşterii de temperatură. O proprietate importantă a lacurilor este stabilitatea în timpul depozitării şi în cuvele de impregnare. În general se constată că lacurile care au o bună uscare în profunzime au tendinţa de a se îngroşa dacă nu sînt menţinute reci în timpul depozitării şi utilizării. Marea varietate de răşini de care dispunem şi posibilitatea de a le combina între ele sau cu alte substanţe peliculogene permit fabricarea unui mare număr de lacuri izolante O clasificare nu poate fi deci completă Clasificarea folosită în această tabelă nu ţine seamă decît de principalele grupuri de lacuri izolante care se folosesc în prezent.

Denumirea lacului	Grupa	Compoziţia lacului	CARACTERISTICILE GENERALE ALE LACULUI USCAT																		Precauţii în utilizare	Numărul monografiei
			Proprietatea de uscare în profunzime a unei înfăşurări	Proprietăţi electrice					Proprietăţi mecanice					Rezistenţa la îmbătrînire	Rezistenţă la agenţi chimici					Valorile comparative de preţuri		
				Rigiditatea dielectrică	Rezistivitatea transversală (de volum)	Rezistenţa la curenţi de scurgere	Rezistenţa de izolaţie în funcţie de temperatură	Rezistenţa de izolaţie în funcţie de umiditate	Durata		Puterea de lipire *		Supleţea	Rezistenţa la încălzire la cald **	Apa	Uleiurile minerale calde	Dielectricii clorurati	Acizi diluaţi	Alcaliile diluate			
									20°C	100°C	20°C	100°C										
Lacuri de impregnare sau de acoperire cu uscare în etuvă	Lacuri oleorăşinoase	Răşină naturală sau sintetică plus eventual un asfalt dizolvat în uleiuri sicative	○	◔	◔	◔	◑	◔	◔	◑	◔	○	●	◔	◔	●	○	◔	◔	●		
	Lacuri pe bază de răşini sintetice pure termoreactive	Răşină fenolică	●	●	◔	○	◑	◑	●	◑	●	◑	○	◔	◔	●	◑	●	●	●	Puternică tendinţă de fisurare	
		Izocianat plus poliesteri (lacuri poliuretanice)	●	◕	◕	◔	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◕	◑	●	◑	◔	Stabilitatea depinde de izocianatul folosit	
		Răşină epoxi plus durificator	●	◕	◕	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◑	◔	Le lipseşte stabilitatea cu anumiţi durificatori	
		Răşină siliconică	●	●	●	◕	●	●	◔	◔	◔	◔	◔	●	●	◕	◑	◑	◑	◔	A se usca lacurile la 180 - 250°C	

	Lacuri pe bază de rășini sintetice legate chimic cu un ulei sau cu oricare alt agent de înmuiere	Rășină fenolică reactivă plus ulei sicativ (lac fenolic gras)																					
		Rășină alchidică, de cele mai multe ori + rășini ureice sau melaminice-formaldehidă-butanol																					
		Rășină alchidică plus rășină fenolică (lac alchidic fenolic)																					
		Rășină alchido-siliconică																					
		Rășină epoxi plus alchidică sau ulei sicativ sau ester al unui acid gras etc																					
Lacuri de acoperire cu uscare în aer	Lacuri oleorășinoase	Rășină naturală sau sintetică plus eventual un asfalt dizolvat în uleiuri sicative																					
	Lacuri pe bază de rășini sintetice pure	Izocianați plus poliesteri sau rășină epoxi plus durificator etc.																					Le lipseste stabilitatea, de preparat cu puțin înainte de utilizare
	Lacuri pe bază de rășini sintetice legate chimic cu un ulei sicativ	Rășină alchidică etc																					

○ rău

● excelent

◔ domeniul de variație între calitățile mai puțin bune și cele mai bune

Valori numerice care au servit la redactarea tabelei (scări logaritmice)

(nu trebuie să servească drept bază pentru proiectare)

Metoda de încercare și unitatea	kV/cm	Ωm		Absorbții %			
○	<25	$<10^9$		>25		>100	
●	>630	$>10^{16}$		<0,2		< 4	

* Puterea de fixare între ele a firelor unei înfășurări.

** Îmbătrînirea este în general mai lentă în interiorul înfășurării.

Fig. 5. Model de fişă documentară din Enciclopedie

Materiale electroizolante *Fişă documentară* **Grupa 512: Mase izolante termoplastice cu umplutură, lichide la cald**	**CES/CT 15** **sub egida CEI**

Materialele izolante din această grupă sînt constituite din masele izolante din grupa 511, în care s-au dispersat solide foarte fin mărunţite, numite umplutură, cu scopul de a modifica anumite proprietăţi fizice şi electrice şi de a reduce preţul. Umplutura este de cele mai multe ori un material anorganic, insolubil în materialul izolant. Modificările obţinute depind de densitatea, mărimea şi forma granulelor şi de proporţiile adoptate.

S-a socotit preferabil să nu se situeze masele pigmentate în aceeaşi grupă cu masele nepigmentate din grupa 511, deoarece ele sînt corpuri eterogene cu caracteristici diferite.

Comparate cu materialele izolante corespunzătoare din grupa 511, materialele izolante din grupa 512 sînt caracterizate prin următoarele particularităţi:

Densitatea: este întotdeauna superioară şi depinde de densitatea umpluturii folosite şi de proporţiile adoptate.

Viscozitatea: viscozitatea creşte în funcţie de tipul şi cantitatea de umplutură. O umplutură foarte fin pulverizată, la care suprafaţa granulelor prezintă asperităţi, creşte viscozitatea mai mult decît o umplutură cu granule mari şi netede, care, atunci cînd masa este topită, alunecă unele peste altele fără o frecare importantă.

Penetraţia: penetraţia unui obiect ascuţit este mai mică într-o masă cu umplutură decît într-o masă fără umplutură.

Proprietăţi mecanice: duritatea şi rezistenţa la compresiune sînt mai mari, în timp ce rezistenţele la încoire şi tracţiune sînt mai slabe.

Stabilitatea formei la cald şi la rece: prezenţa umpluturii în masă ameliorează stabilitatea formei la cald şi la rece, îndeosebi dacă granulele sînt poroase şi dacă pot, datorită formei lor neregulate, să se întrepătrundă.

Conductivitatea calorică: este îmbunătăţită de umplutura anorganică.

Contracţia, coeficientul de dilatare: multe mase izolante din grupa 511 prezintă o contracţie importantă în momentul solidificării. Umplutura micşorează această contracţie, îndeosebi dacă forma grăunţelor este neregulată şi conţinutul de umplutură este ridicat. Această caracteristică este deosebit de interesantă cînd masa este destinată umplerii cutiilor, bacurilor sau cuvelor aparatelor electrice pentru climate tropicale. Umplutura scade de asemenea în mod apreciabil coeficientul de dilatare.

Proprietăţi electrice: materialele izolante din această grupă au proprietăţi electrice diferite de cele ale materialelor izolante corespunzătoare din grupa 511. Ele decurg din proprietăţile masei izolante şi umpluturii, dar nu pot fi calculate pe baza acestor proprietăţi, materialul izolant din grupa 512 fiind un dielectric eterogen. Constanta dielectrică relativă este cuprinsă între cea a masei şi cea a umpluturii. Ea depinde de frecvenţa la care se măsoară şi de temperatură. Factorul de pierderi trebuie determinat experimental. Rigiditatea dielectrică depinde de repartiţia cîmpului în masa izolantă cu umplutură şi, cîteodată, de ionii ce ar putea fi eliberaţi în prezenţa umidităţii. La fel pentru rezistenţa de izolaţie şi rezistenţa la curenţi de scurgere.

Tendinţa de sedimentare: umplutura are tendinţă de depunere cu atît mai mare cu cît diferenţa de densitate între umplutură şi masa izolantă este mai mare, cu cît granulele sînt mai mari şi suprafaţa lor mai netedă. Este necesar să se amestece continuu masa cu umplutura în stare topită şi să se răcească repede, pentru ca repartiţia umpluturii în masă să fie perfect omogenă.

Proprietăţile generale ale maselor izolante din grupa 512 pot fi deduse din cele ale maselor corespunzătoare din grupa 511, ţinînd seamă de particularităţile citate. Ca şi acestea, ele sînt termoplastice şi trebuie utilizate pentru fabricarea produselor electrotehnice puţin solicitate termic.

Fig. 6. Schema unei monografii a Enciclopediei

Schema unei monografii

Monografia nr. ..... **Grupa** .....

Denumirea materialului..... **Data**.....

1. **Generalităţi**
   - Formula chimică şi modul de fabricaţie
   - Forma comercială obişnuită
   - Proprietăţi generale
   - Folosirea în electrotehnică
   - Tehnologia materialului

2. **Caracteristicile fizice şi chimice**
   - Proprietăţi fizice generale
   - Proprietăţi electrice
   - Proprietăţi mecanice
   - Comportarea sub influenţa căldurii
   - Comportarea la umezeală, apă, condiţii climatice
   - Stabilitate chimică

3. **Experienţe privitoare la folosirea materialului electroizolant**

4. **Bibliografie**

Concluzii

Problema materialelor electroizolante a devenit în ultimii ani şi în ţara noastră o problemă de bază. Introducerea materialelor electroizolante moderne este singura cale pentru micşorarea consumurilor de materiale active, în vederea reducerii gabaritelor şi greutăţilor specifice ale maşinilor şi aparatelor electrice.

În aceste condiţii, considerăm ca extrem de utilă cunoaşterea vastei lucrări a Enciclopediei. Mai mult chiar, cum ţara noastră este membră a CEI, considerăm că ar fi de dorit să participăm la redactarea ei, înscriindu-ne pentru elaborarea cîtorva monografii.

Lucrările Enciclopediei sînt destul de avansate. Să nu uităm însă că această lucrare nu poate fi niciodată socotită ca încheiată pentru că ea trebuie mereu corectată şi completată cu ultimele date ale tehnicii moderne.

Bibliografie

[1] Die IEC Tagung, 1954, ETZ, A, *76*, 1955, nr, 2, pag. 92.
[2] SENARCLENS G. de: Entwicklung und Fortschritte auf dem Gebiet einiger elektrischer Isolierstoffe, Scientia electrica, 1954, pag. 83–103; ETZ, A, *76*, 1955, nr. 13, pag. 477 (recenzie).
[3] Rapport au Comité de l'ASE, 1954, Bull. ASE, *46*, 1955, nr. 18, pag. 815.
[4] SENARCLENS G. de: l'Encyclopédie des Isolants Électriques, Bull. ASE, *47*, 1956, nr. 9, pag. 420–430.
[5] SENARCLENS G. de: L'Encyclopédie des Isolants Électriques, RGE, *66*, 1957, nr. 3, pag. 141–144.
[6] OBURGER W.: Die Enzyklopädie der elektrischen Isolierstoffe, E.u.M., *74*, 1957, nr. 22, pag. 506–511.
[7] CEI-Sitzungen in München, Bull. ASE, *47*, 1956, nr. 24, pag. 1098–1099.
[8] * * * Encyclopédie des Isolants Électriques, edition provisoire, 1958, A. G. Fachschriften Verlag, Zürich.
[9] Rapport au Comité de l'ASE, 1958, Bull. ASE, *50*, 1959, nr. 16, pag. 768.
[10] * * * Enzyklopädie der elektrischen Isolierstoffe, Zürich, 1960, ETZ, A, *82*, 1961, nr. 2, pag. 61 (recenzie K. Pottkoff).
[11] Rapport au Comité de l'ASE, 1959, Bull. ASE, *51*, 1960, nr. 8, pag. 398.
[12] Die IEC Tagung, 1960, ETZ, A, *82*, 1961, nr. 7, pag. 197

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Contribuţii privind proprietăţile impedanţelor diferenţiale

CZ 621.3.011.3

Adam Semlyén* – Timişoara

În electrotehnică, mărimile complexe sînt în general asociate pentru calcule la aşa-zişii vectori de timp (sau fazori), de exemplu $\underline{U}$, $\underline{I}$, $\underline{B}$, $\underline{H}$ etc. Astfel apar funcţii complexe de variabilă complexă, ca de exemplu:

$$\underline{U} = \underline{F}(\underline{I}),$$
$$\underline{B} = \underline{F}(\underline{H}) \text{ etc.}$$

sau sub formă generală:

$$\underline{Y} = \underline{F}(\underline{X}), \qquad (1)$$

pe scurt, în cele ce urmează: funcţii de vectori de timp.

Impedanţa este raportul

$$\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}}, \qquad (2)$$

iar în cazul general:

$$\underline{Z} = \frac{\underline{Y}}{\underline{X}}. \qquad (3)$$

La unele montaje apare în evidenţă „impedanţa diferenţială”:

$$\underline{Z}_d = \frac{\mathrm{d}\,\underline{Y}}{\mathrm{d}\,\underline{X}}. \qquad (4)$$

Cu notaţiile din figura 1:

$$\underline{X} = X_e^{j\xi}, \qquad (5)$$
$$\underline{Y} = Y_e^{j\eta}, \qquad (6)$$

se obţine:

$$\underline{Z} = \frac{Y}{X} e^{j(\eta-\xi)} = \frac{Y}{X} e^{j\varphi} = Z e^{j\varphi}. \qquad (7)$$

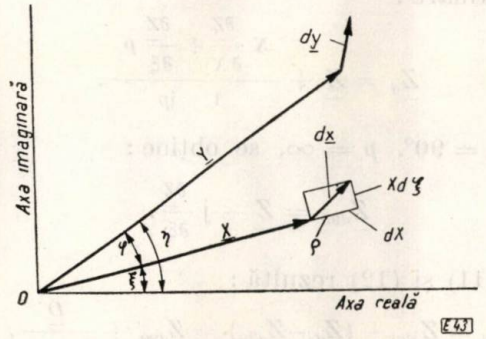


Fig. 1. Semnificaţia notaţiilor variabilelor complexe (sinusoidale).

Particularitatea funcţiilor din electrotehnică considerate este că o rotire a sistemului de axe nu influenţează pe $\underline{Z}$. Deci:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial \underline{Z}}{\partial \xi} = 0, \quad \frac{\partial \underline{Z}}{\partial X} = \frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}X} = \underline{Z}', \\ &\frac{\partial Z}{\partial \xi} = 0, \quad \frac{\partial Z}{\partial X} = \frac{\mathrm{d}Z}{\mathrm{d}X} = Z', \\ &\frac{\partial \varphi}{\partial \xi} = \frac{\partial \eta}{\partial \xi} - 1 = 0, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial X} = \frac{\mathrm{d}\varphi}{\mathrm{d}X} = \varphi' = \frac{\partial \eta}{\partial X} \end{aligned}\right\}. \qquad (8)$$

* Ing. Semlyén A. este conferenţiar la Institutul politehnic – Timişoara.

În cadrul acestei lucrări, notația $\underline{Z}'$ are semnificația $\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}X}\left(\mathrm{nu}\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}\underline{X}}\right)$.

În cele ce urmează vom examina unele particularități ale derivației $\underline{Z}_d$ (4) a funcțiilor vectorilor de timp.

În cazul general, fără restricțiile (8), se știe că *locul geometric al mărimii complexe* $\underline{Z}_d$, *la* $\underline{X}$ *dat și* $\mathrm{d}\underline{X}$ *variabil ca direcție, este un cerc în planul lui Gauss.*

Într-adevăr:

$$\underline{Z}_d = \frac{\mathrm{d}\underline{Y}}{\mathrm{d}\underline{X}} = \frac{\mathrm{d}(\underline{Z}\underline{X})}{\mathrm{d}\underline{X}} = \underline{Z} + \underline{X}\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}\underline{X}}.$$

Din (5) însă:

$$\mathrm{d}\underline{X} = \mathrm{e}^{\mathrm{j}\xi}(\mathrm{d}X + \mathrm{j}X\mathrm{d}\xi) \qquad (9)$$

și deci:

$$\frac{\underline{X}}{\mathrm{d}\underline{X}} = \frac{X}{\mathrm{d}X + \mathrm{j}X\,\mathrm{d}\xi}.$$

Astfel se obține în continuare:

$$\underline{Z}_d = \underline{Z} + X\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}X + \mathrm{j}X\,\mathrm{d}\xi} = \underline{Z} + X\frac{\frac{\partial\underline{Z}}{\partial X}\mathrm{d}x + \frac{\partial\underline{Z}}{\partial\xi}\mathrm{d}\xi}{\mathrm{d}X + \mathrm{j}X\mathrm{d}\xi}.$$

Corespunzător figurii 1 introducem notația:

$$p = \mathrm{tg}\,\varphi = \frac{X\mathrm{d}\xi}{\mathrm{d}X}. \qquad (10)$$

Ca urmare:

$$\underline{Z}_d = \underline{Z} + \frac{X\frac{\partial\underline{Z}}{\partial X} + \frac{\partial\underline{Z}}{\partial\xi}p}{1 + \mathrm{j}p}. \qquad (11)$$

La $\rho = 90°$, $p = \infty$, se obține:

$$\underline{Z}_{d90} = \underline{Z} - \mathrm{j}\frac{\partial\underline{Z}}{\partial\xi}. \qquad (12)$$

Din (11) și (12) rezultă:

$$\underline{Z}_d = \underline{Z}_{a90} + (\underline{Z}_d - \underline{Z}_{d90}) = \underline{Z}_{d90} + \frac{\underline{D}}{1 + \mathrm{j}p},$$

unde

$$\underline{D} = X\frac{\partial\underline{Z}}{\partial X} + \mathrm{j}\frac{\partial\underline{Z}}{\partial\xi}. \qquad (13)$$

Dezvoltînd în continuare expresia lui $\underline{Z}_d$ se obține:

$$\underline{Z}_d = \underline{Z}_{d90} + \frac{\underline{D}\cos\rho}{\cos\rho + \mathrm{j}\sin\rho} = \underline{Z}_{d90} + \underline{D}\cos\rho\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\rho}. \qquad (14)$$

Din relația (14) rezultă reprezentarea grafică din figura 2. $\underline{D}$ din relația (13) este deci diametrul cercului reprezentat de relația (14). Cercul este cotat uniform în ρ (grade). În cazul general cercul poate cuprinde și originea 0 a sistemului de axe.

$\underline{Z}_d$ nu depinde de ρ, deci $\underline{Y}$ este o funcție analitică de $\underline{X}$, dacă $D = 0$.

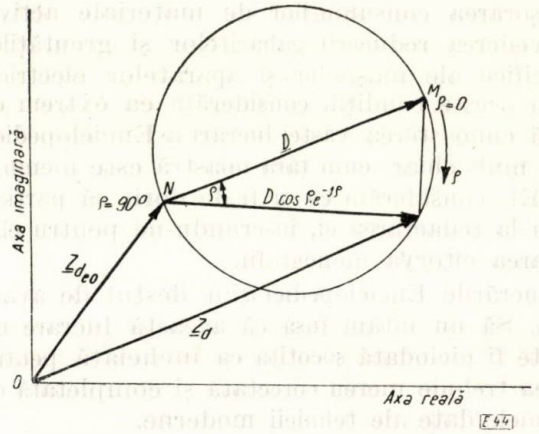


Fig. 2. Locul geometric al derivației $\underline{Z}_d$ este un cerc gradat uniform după parametrul ρ.

Din (13) și (7):

$$D = \left| X\frac{\partial\underline{Z}}{\partial X} + \mathrm{j}\frac{\partial\underline{Z}}{\partial\xi}\right| = \left| X\frac{\partial}{\partial X}\left(\frac{\underline{Y}}{X}\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\eta-\xi)}\right) + \mathrm{j}\frac{\partial}{\partial\xi}\left(\frac{\underline{Y}}{X}\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\eta-\xi)}\right)\right|.$$

Efectuînd derivările și anulînd separat partea reală și cea imaginară, se obține:

$$X\frac{\partial\underline{Y}}{\partial X} = \underline{Y}\frac{\partial\eta}{\partial\xi}, \qquad (15)$$

$$X\underline{Y}\frac{\partial\eta}{\partial X} = -\frac{\partial\underline{Y}}{\partial\xi}. \qquad (16)$$

Acestea sînt condițiile lui Cauchy-Riemann în coordonate polare.

În cazul vectorilor de timp, din (8), (12), (13), (14), (15) și (16) se obține:

$$\underline{Z}_{d90} = \underline{Z}, \qquad (12')$$

$$\underline{D} = X\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}X} = X\underline{Z}', \qquad (13')$$

$$\underline{Z}_a = \underline{Z} + X\underline{Z}'\cos\rho\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\rho}, \qquad (14')$$

$$X\underline{Y}' = \underline{Y}, \qquad (15')$$

$$\varphi' = 0. \qquad (16')$$

Ultimele două relații sînt condițiile lui Cauchy-Riemann pentru funcții de vectori de timp. Din ele rezultă:

$$\frac{\underline{Y}}{X} = \text{const.}$$

și

$$\varphi = \text{const.},$$

adică

$$\underline{Y} = k\underline{X}. \tag{17}$$

Așadar, *în general funcțiile vectorilor de timp sînt neanalitice; numai funcția liniară este analitică; mărimea diametrului D comparată cu distanța centrului cercului la originea sistemului de axe este o măsură a neliniarității.*

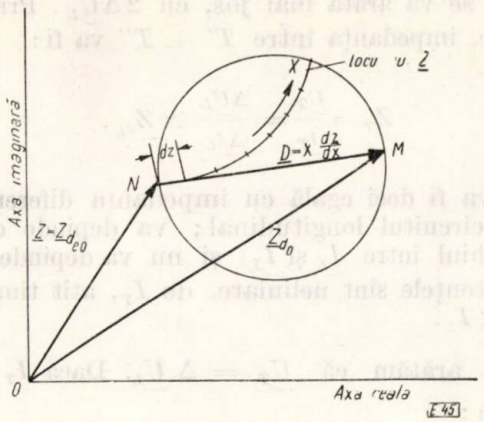


Fig. 3. Determinarea cercului cu ajutorul impedanțelor $\underline{Z}$.

La $\varphi = 0$, se obține din (14′):

$$\underline{Z}_{d_0} = \underline{Z} + X\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}X} = \frac{\mathrm{d}(\underline{Z}X)}{\mathrm{d}X}. \tag{18}$$

Prin urmare, $\underline{Z}_{d_0}$ se obține prin derivare în raport cu modulul variabilei X, pe cînd $\underline{Z}_{d_{90}}$ apare ca raportul între funcție și variabila independentă.

Din (18) rezultă modul de determinare grafică a cercului (14):

Se reprezintă cercul (fig. 3) în planul complex $\underline{Z}$ funcție de X, care apare pe curba locului lui $\underline{Z}$ ca parametru (cotă). D apare ca tangentă la curbă, de lungimea $X\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}X}$. Cercul se construiește pe diametrul D, prin punctele M și N. Locul geometric al punctelor N este însăși curba lui $\underline{Z}$, iar punctele M vor descrie o a doua curbă.

În cazurile frecvente, cînd Y este o funcție crescătoare în raport cu X, *cercurile ce se obțin nu cuprind originea 0 a sistemului de axe.* Într-adevăr, raza cercului este, din (13):

$$r = \left|\frac{X}{2}\cdot\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}X}\right| = \left|\frac{X}{2}\frac{\mathrm{d}(Ze^{j\varphi})}{\mathrm{d}X}\right| =$$

$$= \left|e^{j\varphi}\frac{X}{2}(Z' + jZ\varphi')\right| = \left|\frac{XZ' + jY\varphi'}{2}\right| =$$

$$= \left|\frac{Y' - Z + jY\varphi'}{2}\right| = \frac{1}{2}\sqrt{(Y'-Z)^2 + (Y\varphi')^2}, \tag{19}$$

iar distanța centrului la originea sistemului de axe:

$$d = \left|\underline{Z} + \frac{1}{2}X\frac{\mathrm{d}\underline{Z}}{\mathrm{d}X}\right| = \left|Z + \frac{Y' - Z + jY\varphi'}{2}\right| =$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{(Y'+Z)^2 + (Y\varphi')^2}. \tag{20}$$

Z și Y' fiind mărimi pozitive, rezultă:

$$d > r. \tag{21}$$

În concluzie, cercul fiind în afara originii sistemului de axe, $\underline{Z}_d$ prezintă variații limitate, mai ales sub raportul argumentului de fază. De aceea, sub acest aspect funcțiile vectorilor de timp, monoton crescătoare, se aseamănă cu cele analitice, devenind analitice în cazul funcțiilor liniare. Chiar dacă în unele porțiuni Y descrește în raport cu X, dar lent, concluzia de mai sus rămîne valabilă.

Ca exemplu considerăm întîi o funcție oarecare (nu de vectori de timp):

$$\underline{Y} = X,$$

adică:

$$\underline{Z} = \frac{\underline{Y}}{X} = \frac{X}{Xe^{j\xi}} = e^{-j\xi}.$$

Prin urmare (12 și 13):

$$\underline{Z}_{d_{90}} = \underline{Z} - j\frac{\partial\underline{Z}}{\partial\xi} = 0,$$

$$\underline{D} = X\frac{\partial\underline{Z}}{\partial X} + j\frac{\partial\underline{Z}}{\partial\xi} = e^{-j\xi}.$$

Corespunzător relației (14) rezultă reprezentarea din figura 4.

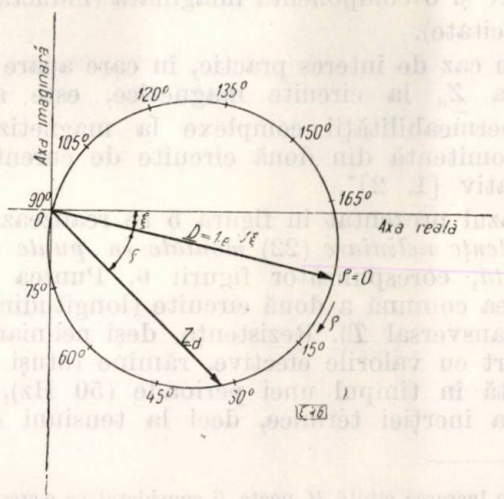


Fig. 4. Locul lui $\underline{Z}_d$ în cazul exemplului: $\underline{Y} = X$.

Considerăm și cazul unei funcții de vectori de timp:

$$U = A\,I^{\alpha}, \quad \varphi = 0, \tag{22}$$

sau, cu notațiile introduse:

$$Y = AX^{\alpha}.$$

Rezultă:

$$\underline{Z} = \frac{Y}{X} = AX^{\alpha-1}.$$

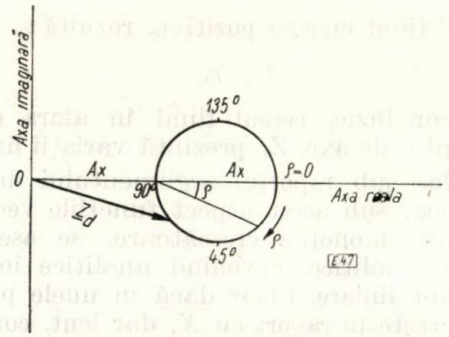


Fig. 5. Locul impedanței diferențiale în cazul: $Y = AX^2$.

Relațiile (8) sînt satisfăcute. Relațiile (12′) și (13′) ne dau:

$$\underline{Z}_{d_{90}} = \underline{Z} = AX^{\alpha-1},$$

$$\underline{D} = X\underline{Z}' = A(\alpha-1)X^{\alpha-1}.$$

Dacă, de exemplu, $\alpha = 2$, vom avea:

$$\underline{Z}_{d_{90}} = AX$$

și

$$\underline{D} = AX.$$

Rezultă reprezentarea grafică din figura 5. Se observă că deși $\underline{Z}$ este real (rezistență pură), $\underline{Z}_d$ are și o componentă imaginară (inductanță, capacitate).

Un caz de interes practic, în care apare mărimea $\underline{Z}_d$ la circuite magnetice, este acela al permeabilității complexe la magnetizarea concomitentă din două circuite de curent alternativ [1, 2]*.

Cazul prezentat în figura 5 se realizează cu *rezistențe neliniare* (22) *montate în punte echilibrată*, corespunzător figurii 6. Puntea este partea comună a două circuite (longitudinal L și transversal T). Rezistența, deși neliniară în raport cu valorile efective, rămîne totuși constantă în timpul unei perioade (50 Hz), din cauza inerției termice, deci la tensiuni sinusoidale corespund curenți sinusoidali. Se studiază impedanța între bornele $T' - T''$. Se alege $\underline{I}_T \ll \underline{I}_L$, astfel încît $\underline{I}_T$ se poate nota cu $\Delta \underline{I}_L$.

Notînd căderea de tensiune între $L' - L''$ cu $2\underline{U}_L$, căderea de tensiune $2\underline{U}_T$ între $T' - T''$ va rezulta mult mai mică și egală, după cum se va arăta mai jos, cu $2\Delta\underline{U}_L$. Prin urmare, impedanța între $T' - T''$ va fi:

$$\underline{Z}_T = \frac{\underline{U}_T}{\underline{I}_T} = \frac{\Delta\underline{U}_L}{\Delta\underline{I}_L} \cong \underline{Z}_{dL}. \qquad (23)$$

Ea va fi deci egală cu impedanța diferențială din circuitul longitudinal; va depinde de I_L (unghiul între $\underline{I}_L$ și $\underline{I}_T$) și nu va depinde, deși rezistențele sînt neliniare, de I_T, atît timp cît $I_T \ll I_L$.

Să arătăm că $\underline{U}_T = \Delta\underline{U}_L$. Dacă $\underline{I}_T = 0$, avem:

$$\underline{U}_L = R\underline{I}_L,$$

$$\underline{U}_{T'L''} = \underline{U}_{T''L''} = \underline{U}_L.$$

Dacă $\underline{I}_T = \Delta\underline{I}_L \neq 0$, avem:

$$2\underline{U}_T = \underline{U}_{T'L''} - \underline{U}_{T''L''} = \underline{U}_{L_{\text{la}}\,\underline{I}_L+\Delta\underline{I}_L} - \underline{U}_{L_{\text{la}}\,\underline{I}_L-\Delta\underline{I}_L} =$$

$$= 2\Delta\underline{U}_L.$$

Cazul din figura 6 a fost verificat experimental, astfel:

S-a realizat puntea cu becuri de 110 V, 40 W, care s-au ales astfel încît caracteristicile lor tensiune-curent să fie cît mai apropiate. Pentru echilibrarea punții, într-una din ramuri

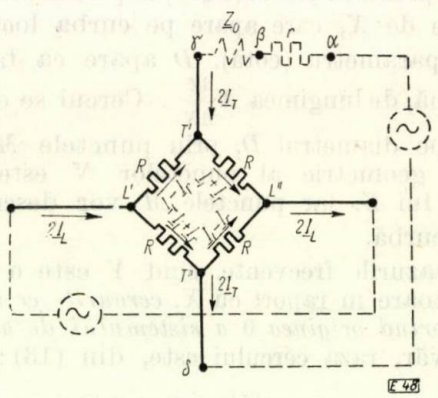


Fig. 6. Montaj cu rezistențe neliniare în punte echilibrată, la care impedanța măsurată în diagonală este egală cu impedanța diferențială din circuitul principal (longitudinal).

s-a introdus și o mică rezistență reglabilă. S-a lucrat la $I_L = 0{,}35$ A, $U_L = 84$ V. Curentul transversal s-a ales $I_T = 0{,}025$ A $\ll I_L$. S-a

* În lucrarea citată $\underline{H}$ poate fi considerat ca o creștere a lui H_0, rezultînd creșterea $\underline{B}$ a lui $\underline{B}_0$. Deci permeabilitatea complexă $\underline{\mu}_\rho = \frac{\underline{B}}{\underline{H}}$ apare ca derivata $\frac{d\underline{B}_0}{d\underline{H}_0}$.

Cercul se determină prin valorile particulare $\underline{\mu}_{\rho=0} = \underline{\mu}_d$ și $\underline{\mu}_{\rho=90°} = \underline{\mu}_t$ după cum se indică și în figura 3 din [1].

constatat că cel puţin pînă la $I_T = 0{,}05$ A circuitul transversal se comportă liniar. Pentru a cunoaşte pe $\underline{U}_T$ şi faza ei în raport cu $\underline{I}_T$, ceea ce este necesar pentru a determina pe $\underline{Z}_T$ (23), s-au măsurat cele şase tensiuni între punctele α, β, γ, δ (fig. 6). Diagrama tensiunilor

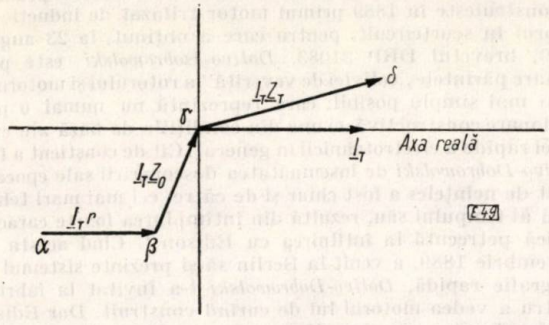


Fig. 7. Diagrama tensiunilor.

este reprezentată în figura 7, în care $\underline{I}_T$ s-a reprezentat după axa reală. La altă scară ea reprezintă şi diagrama impedanţelor. În timpul măsurătorilor I_L şi I_T s-au menţinut constanţi,

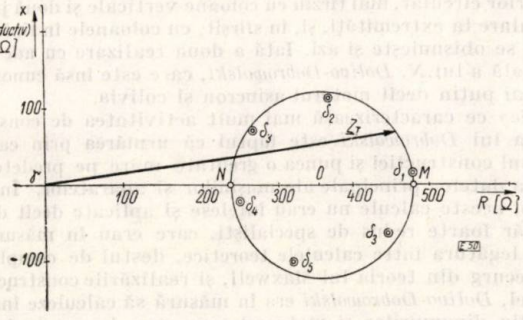


Fig. 8. Punctele $\delta_1 \ldots \delta_6$ reprezintă impedanţele măsurate în circuitul transversal (diagonala punţii), iar cercul este locul geometric determinat pe baza figurii 9.

iar ρ, unghiul între aceşti doi curenţi, s-a variat treptat pînă la 180°. În figura 8 s-au reprezentat prin puncte ($\delta_1 \ldots \delta_6$) rezultatele măsurătorilor. Figura 9 reprezintă caracteristica $U_L = f(I_L)$. La $I_L = 0{,}35$ A se determină din caracteristică:

$$Z_{d_{90}} = Z_L = \frac{U_L}{I_L} = \frac{84\ \text{V}}{0{,}35\ \text{A}} = 240\ \Omega,$$

(punctul N din fig. 8), iar cu ajutorul tangentei:

$$Z_{d0} = \frac{\mathrm{d}U_L}{\mathrm{d}I_L} = \frac{84\ \text{V}}{0{,}175\text{A}} = 480\ \Omega$$

(punctul M din figura 8). Prin N şi M s-a trasat cercul care corespunde teoretic locului

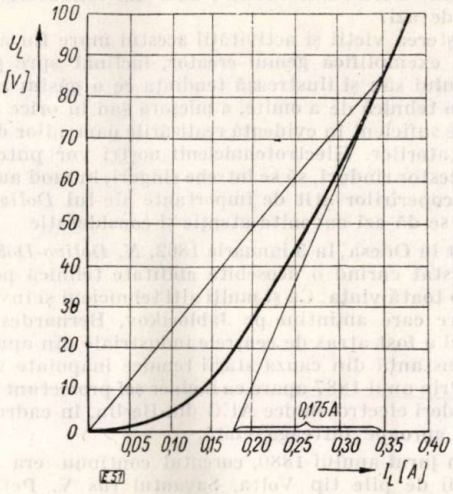


Fig. 9. Caracteristica rezistenţelor neliniare care formează puntea.

geometric al impedanţei $\underline{Z}_T$. Punctele $\delta_1 \ldots \delta_6$ sînt situate aproape pe cerc, ceea ce confirmă corectitudinea dezvoltărilor teoretice. Întîmplător, exponentul α are valoarea 2, ca în cazul figurii 5.

Bibliografie

[1] SEMLYÉN A.: Permeabilitatea magnetică complexă la cîmpuri mici, în cazul unei magnetizări concomitente intense în curent alternativ, Electrotehnica, **8** (1960) 5, 177-180.

[2] SEMLYÉN A.: Calculul erorii transformatoarelor de curent cu magnetizare suplimentară în curent alternativ pe baza diagramei permeabilităţii complexe a miezului. Academia R.P.R., Baza Timişoara, Studii şi cercetări, Ştiinţe tehnice, **7** (1960), 3-4, 331-343.

CRONICĂ

100 de ani de la naşterea lui Nikolai Dolivo-Dobrowolski

Este o datorie elementară a tinerelor generaţii de tehnicieni să cunoască nu numai ultimele perfecţionări ale tehnicii, dar şi drumul spinos pe care s-a ajuns la ele. În era tehnicii care a început de la inventarea maşinii cu abur, muncitori cu mintea şi cu braţul, gata să înfrunte orice dificultate, au lucrat neobosiţi la perfecţionarea utilajului şi procedeelor tehnice. Dintre cei mulţi rămaşi necunoscuţi sau uitaţi, se remarcă unele personalităţi de o excepţională putere de pătrundere a fenomenelor naturii şi de o deosebită iscusinţă în explicarea şi aplicarea lor. Unul dintre aceştia a fost marele învăţat rus *Nikolai Dolivo-Dobrowolski*, unul din fondatorii electrotehnicii de azi.

Cunoaşterea vieţii şi activităţii acestui mare fiu al patriei sovietice exemplifică geniul creator, înclinat spre practică, al poporului său şi ilustrează tendinţa ce o găsim adesea în literatura tehnică de a omite, a micşora sau în orice caz de a nu scoate suficient în evidenţă realizările oamenilor de ştiinţă şi inventatorilor. Electrotehnicienii noştri vor putea, după citirea acestor rînduri, să se întrebe singuri, în mod autocritic, dacă descoperirilor atît de importante ale lui *Dolivo-Dobrowolski* li se dă azi cuvenita atenţie şi consideraţie.

Născut la Odesa, la 3 ianuarie 1862, *N. Dolivo-Dobrowolski* a manifestat curînd o deosebită abilitate tehnică pe care a păstrat-o toată viaţa. Ca şi mulţi alţi tehnicieni şi inventatori ruşi, între care amintim pe Jablocikov, Bernardes şi Slavianov, el a fost atras de centrele industriale din apus, nu în ultima instanţă din cauza stării tehnice înapoiate a Rusiei ţariste. Prin anul 1887 apare ca inginer şef proiectant al marii întreprinderi electrotehnice AEG din Berlin, în cadrul căreia a lucrat aproape întreaga viaţă.

Pînă în jurul anului 1880, curentul continuu era generat de baterii de pile tip Volta. Savantul rus V. Petrov din Moscova avea încă în 1802 o baterie uriaşă de 3 000 elemente de acest fel, cu ajutorul căreia a descoperit fenomenul arcului electric. Apoi apar maşini dinamo, din ce în ce mai perfecţionate, considerate singurul sistem cu viitor. Pe acel timp, curentul alternativ apărea ca ceva forţat, nenatural şi neaplicabil. Iluminatul electric se făcea cu lămpi cu arc mare, alimentate cu curent continuu, iar telegrafia dezvoltată pe scară largă în acei ani nu se putea închipui fără surse de curent continuu. Abia marele inventator rus P. N. Jablocikov, care a construit prima lampă mică cu arc, avînd doi electrozi verticali despărţiţi de un izolant fuzibil, şi care a făcut primele sale demonstraţii cu „lumina rusă" pe o scară mare în 1877 la Paris şi în 1878 la Berlin, a fost nevoit să caute surse de curent alternativ, pentru a nu uza în mod neuniform electrozii iluminării sale. Se ştie că Jablocicov a dus tratative prelungite cu fabricile constructoare de maşini electrice, pentru a obţine generatoare de curent alternativ. Este foarte probabil că el a luat la Berlin contact cu conaţionalul său *Dolivo-Dobrowolski*. Fapt este că, acesta din urmă, cu toate că aduce îmbunătăţiri maşinilor de curent continuu * şi contribuie în mod esenţial la evoluţia formei constructive definitive a dinamului, apare ca un mare adept al curentului alternativ şi mai ales al sistemului alternativ trifazat.

Dacă examinăm mai amănunţit cum a ajuns *Dolivo-Dobrowolski* la această convingere, ne dăm seama că ea a fost bazată pe o judecată obiectivă a tuturor consecinţelor ce decurg din posibilităţile celor două sisteme. Într-adevăr, *Dobrowolski* a fost unul dintre primii proiectanţi de maşini dinamo care a reuşit să calculeze mai mult de 40 de tipuri de astfel de maşini, cu o aproximaţie mai mică de 5%, ceea ce constituia un succes remarcabil, într-un timp cînd aceste maşini se construiau la întîmplare. Deci, nu se poate presupune că nu cunoştea bine curentul continuu. În schimb, el a fost primul care a recunoscut clar marile avantaje practice ale curentului trifazat, anticipînd toată evoluţia următoare a reţelelor electrice. Vom înţelege uşor de ce imediat după ce N. Tesla, C. Ferraris au publicat în 1888 primele lucrări asupra curenţilor alternativi trifazaţi, *Dobrowolski* a întreprins un studiu minuţios al acestor sisteme, demonstrînd că, diferit de sistemul monofazat, cel trifazat produce în maşini şi motoare un cîmp învîrtitor cu un cuplu uniform*. În perfectă cunoştinţă a teoriei, el trece imediat la realizări practice şi construieşte în 1889 primul motor trifazat de inducţie cu rotorul în scurtcircuit, pentru care a obţinut, la 23 august 1889, brevetul DRP 31083. *Dolivo-Dobrowolski* este prin urmare părintele „coliviei de veveriţă" a rotorului şi motorului celui mai simplu posibil, care reprezintă nu numai o perfecţionare constructivă, ci una din condiţiile de bază ale evoluţiei rapide a electrotehnicii în general. Cît de conştient a fost *Dolivo-Dobrowolski* de însemnătatea descoperirii sale epocale, şi cît de neînţeles a fost chiar şi de către cei mai mari tehnicieni ai timpului său, rezultă din întîmplarea foarte caracteristică petrecută la întîlnirea cu Edison *. Cînd acesta, în septembrie 1889, a venit la Berlin să-şi prezinte sistemul de telegrafie rapidă, *Dolivo-Dobrowolski* l-a invitat la fabrică, pentru a vedea motorul lui de curînd construit. Dar Edison a refuzat categoric să vadă sau să ştie ceva despre curentul alternativ, declarîndu-l o enormitate şi fără nici un viitor. De aici se vede cît de mult se găsea Edison sub influenţa intereselor comerciale ale întreprinderilor sale, care aplicau şi exploatau numai curentul continuu. Este de presupus că *Dobrowolski* conta pe profunda impresie ce o trezea motorul lui atît de simplu, fără colector şi fără inele. Acest mic incident nu l-a înduplecat să nu urmărească şi mai energic introducerea sistemului trifazic în distribuţia de energie.

În 1890, el calculează şi construieşte primul transformator trifazat, la început cu coloanele de fier dispuse în stea şi jugul exterior circular, mai tîrziu cu coloane verticale şi două juguri circulare la extremităţi, şi, în sfîrşit, cu coloanele în linie, aşa cum se obişnuieşte şi azi. Iată a doua realizare cu adevărat epocală a lui *N. Dolivo-Dobrowolski*, care este însă cunoscută şi mai puţin decît motorul asincron şi colivia.

Ceea ce caracterizează mai mult activitatea de constructor a lui *Dobrowolski* este faptul că urmărea prin calcule mersul construcţiei şi punea o greutate mare pe predeterminarea datelor principale ale maşinilor şi aparatelor. În acel timp, aceste calcule nu erau înţelese şi aplicate decît de un număr foarte redus de specialişti, care erau în măsură să facă legătura între calculele teoretice, destul de complicate ce decurg din teoria lui Maxwell, şi realizările constructive. Astfel, *Dolivo-Dobrowolski* era în măsură să calculeze înainte turaţia dinamurilor şi motoarelor pe care le construia. Ce dificultăţi trebuiau învinse, într-un domeniu cu totul nou, reiese şi din faptul că *Dolivo-Dobrowolski* a fost primul care a definit noţiunea şi a propus denumirea de putere wattată şi dewattată a curentului alternativ **, noţiuni ce au devenit de o întrebuinţare generală mai tîrziu.

În marele „proces al sistemelor" care trebuia să decidă dacă în distribuţii se va introduce curentul alternativ sau continuu, *Dobrowolski* a susţinut, după cum am amintit, cu o admirabilă clarviziune sistemul trifazat. Expoziţia electrotehnică din Frankfurt (mai 1891) a dat ocazia adepţilor acestui sistem să dovedească prin realizarea unei transmisii de energie la o distanţă mai mare avantajele şi viabilitatea lui. Această transmisie a fost realizată aproape în întregime după indicaţiile lui *Dobrowolski*, care a calculat şi executat atît generatorul sincron montat într-o centrală hidraulică, cît şi motorul care antrena o pompă cu apă în expoziţie. Aplicabilitatea practică a curentului trifazat a fost dovedită în mod concret şi irevocabil, ceea ce a avut o mare influenţă asupra evoluţiei următoare a reţelelor de distribuţie şi de transport ale energiei electrice. *Dobrowolski* a avut ocazia să-şi vadă confirmate toate prevederile şi să poată urmări realizările din ce în ce mai răspîndite în acest domeniu ***.

---

* ETZ *13* (1891) 151.

* N. Dolivo-Dobrowolski: ETZ **38** (1917) 956.

** V. Fr. Emde: *Die Arbeitsweise der Wechsalstrommaschinen*, Springer Berlin, 1902, pag. 38.

*** V. Mitkievici: *Energia electrică*, Editura IDT, Bucureşti, 1949.

În scrisorile pe care Fr. Engels le-a scris prietenului său K. Marx, el a amintit de importanţa enormă, pentru realizarea socialismului, a posibilităţii transportului energiei la distanţe mari, din care rezultă eliberarea fabricilor de servituţiile locale impuse de proprietarii capitalişti. Astfel se înţelege interesul cu totul deosebit al lui Lenin pentru electrificare, enunţat în celebra şi cunoscuta sa „ecuaţie".

Cu toate că a cîştigat în mod definitiv această luptă a sistemelor, *Dobrowolski* s-a ocupat în mod insistent şi de curentul continuu. În această ordine de idei, amintim cunoscuta bobină de inducţie montată în rotoarele dinamurilor de curent continuu care alimentează reţelele cu trei conductoare şi are scopul de a echilibra tensiunile în cazul încărcării neuniforme a celor două punţi. Se cunoaşte mai puţin faptul că *Dobrowolski* s-a ocupat mult cu proiectarea unei transmisii de energie cu ajutorul curentului continuu de înaltă tensiune, ceea ce de abia în ultimele decenii a ajuns în faza unor realizări.

El a mai realizat între altele şi instrumente de măsură electromagnetice cu un consum propriu de 1—4 W.

Calităţile lui excepţionale l-au predestinat să aibă influenţă covîrşitoare şi un cuvînt hotărîtor în evoluţia întregii electrotehnici, între anii 1880 şi 1914.

După anul 1909 şi pînă la începerea primului război mondial, a funcţionat ca director tehnic al marii fabrici electrotehnice AEG, care a profitat din plin de pe urma activităţii lui rodnice. Lui *Dobrowolski* i-a fost dat să trăiască timpul Marii Revoluţii din Octombrie şi să vadă începutul ascensiunii patriei sale, condusă de genialul Lenin pe calea tehnicizării şi electrificării, ceea ce a dat desigur cea mai mare satisfacţie a vieţii sale atît de bogate în realizări. El poate să servească drept un strălucit exemplu tuturor generaţiilor de electricieni din toate vremurile.

Dr. ing. A AVRAMESCU

SCURTE ŞTIRI DIN STRĂINĂTATE

U.H.E. mai puternice şi mai rentabile în U.R.S.S.

În decurs de douăzeci de ani, în U.R.S.S. se vor construi aproape de zece ori mai multe turbine hidraulice decît s-au livrat pînă în prezent. Construcţiile hidroelectrice vor căpăta dezvoltare maximă în Siberia pe fluviile cu debit mare de apă, ca Angara, Enisei, Amur şi altele. Pentru uzinele hidroelectrice mari se vor construi turbine radial-axiale de 500-700 MW şi turbine cu palete de 250—300 MW.

Pentru îndeplinirea acestor sarcini se lucrează cu succes de pe acum. La Uzina Hidroelectrică din Bratsk se montează turbine de o putere pînă la 230 MW, care se livrează de către Fabrica Metalurgică din Leningrad.

S-a elaborat proiectul unei turbine hidraulice de 500 MW pentru U.H.E. din Krasnoiarsk.

Utilizarea resurselor energetice ale fluviilor din stepă va necesita un număr mare de turbine orizontale rotative cu palete, cu generatoare amplasate în aceeaşi carcasă.

Pravda, nr. 290 din 10.X.1961.

Uzine termoelectrice siberiene

În următorii 15—20 ani, numai în raioanele Siberiei Centrale, urmează a se construi peste douăzeci de uzine termoelectrice cu o putere totală de peste 30 000 000 kW. Energia produsă în Siberia se va transporta în partea europeană a U.R.S.S. şi în unele ţări ale sistemului socialist. Chiar în prezent se construiesc uzinele electrice raionale de stat Nazarovskaia, Tomi-Usinskaia şi Belovskaia, amplasate în vecinătatea imediată a zăcămintelor de cărbune.

În anul 1963 va începe construirea celei mai mari uzine electrice raionale de stat din Itaki, de o putere de mai multe milioane de kW. Combustibil pentru această uzină se va extrage din zăcămînt descoperit.

Dacă în trecut s-au montat în Siberia turbogeneratoare de o putere de 25,50 şi 100 MW, în prezent se instalează generatoare, de 150—200 MW, iar în următorii ani puterea lor va atinge 300—600 MW. În locul cazanelor de abur care debitează 170—230 t/h abur, vor intra în funcţiune instalaţii de cazane de 640—1 950 t/h abur.

Ritmul lucrărilor de montare a uzinelor termoelectrice va fi dublat. Instalaţiile de cazane vor fi montate complet din blocuri mari.

Pravda, nr. 290 din 16.X.1961.

Un cazan uriaş

Filiala Institutului central de cazane şi turbine din Moscova „Polzunov", în colaborare cu fabrica de construcţii de maşini „Ordjonikidze" din Podolsk a terminat înainte de termen, conform angajamentului, construcţia unui cazan de abur cu un debit de 2 500 t/h. Acest cazan va lucra cuplat cu o turbină de 800 MW. Parametrii aburului admis în această turbină vor fi 585°C şi 255 at.

Cazanul nou, care are înălţimea unei clădiri cu opt etaje, va fi cel mai mare dintre toate cazanele — existente astăzi — din U.R.S.S. Pînă în prezent pentru a se obţine un astfel de debit trebuiau instalate patru cazane a cîte 640 t, ceea ce complică exploatarea, ridicînd — totodată — preţul de cost al utilajului cu circa 15%.

O particularitate a cazanului mai constă în faptul că el are focarul de tip ciclonic, care asigură la dimensiuni relativ mici arderea completă a combustibilului. Focarul va fi alimentat cu gaz natural ieftin şi cu păcură.

Izvestia, nr. 241 din 10.X.1961.

Din realizările industriei electrotehnice a U.R.S.S.

1. La fabrica de transformatoare din Zaporojie, s-a asimilat construcţia transformatoarelor de 275 000 kVA, 220 kV şi 250 000 kVA, 500 kV pentru U.H.E. Bratsk.

2. La fabrica „Electroteajmaş" din Harkov se confecţionează prototipul turbogeneratorului de 300 MW cu răcirea prin hidrogen a statorului şi rotorului. Muncitorii acestei fabrici şi-au luat angajamentul de a elabora înainte de termen proiectul tehnic al turbogeneratorului de 500 MW, care după dimensiunile de gabarit va fi aproximativ egal cu turbogeneratorul de 300 MW.

3. La liniile de transport de energie s-a introdus în exploatare un complex de utilaj electric cu cea mai înaltă tensiune din lume — 500 kV.

S-a asimilat fabricarea transformatoarelor trifazate pînă la 240 MW şi tensiuni de 110, 220 şi 330 kW. Pierderile în aceste transformatoare s-au redus — comparativ cu cele monofazate — cu 10—11%, iar consumul de materiale, cu 30—31%.

Vestnik Elektropromişlennost, 1961, nr. 10 (Buletinul Industriei Electrotehnice).

Generatoare hidraulice în Finlanda

Cele mai mari generatoare hidraulice ale Finlandei, situate numai la 25 km la sud de cercul polar în hidrocentrala din Pirttikoski, pe rîul Kemi, au fost puse în funcţiune în primăvara anului 1960. Generatoarele au o putere nominală de 70 MVA la cos φ = 0,95 şi o tensiune de 13,8 kV. Cea mai mare parte a energiei produse este transformată, într-o staţie aeriană, în 400 kV şi transportată în Finlanda de sud printr-o linie de 700 km lungime.

E.T.Z—B 12, 1960, nr. 12, pag. 301.

REFERATE

621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.3.015.33 : 621.313.12

Solicitarea la tensiune de impulsie a generatoarelor montate în bloc cu transformatoarele, HENRICL. P., El. Wirtschaft, **60**, 1961, nr. 8, pag. 258—263, 12 fig., 11 ref. bibl.

Acţiunea supratensiunilor atmosferice asupra generatorului este puternică atunci cînd acesta este legat direct la o linie electrică aeriană. Dacă generatorul este legat la reţeaua aeriană prin intermediul transformatoarelor, solicitarea este mult redusă.

În articol, autorul, după ce analizează cazul generatorului legat direct la o linie aeriană, trece la studiul amănunţit al comportării blocului generator-transformator în cazul acţiunii tensiunii de impulsie.

Tensiunea care se transmite generatorului poate fi descompusă în patru componente distincte : de transmisie inductivă, de transmisie capacitivă, de oscilaţie a înfăşurării de înaltă tensiune şi de oscilaţie a înfăşurării de joasă tensiune. Fiecare componentă este analizată în parte şi sînt prezentate schemele de conexiune şi cele echivalente corespunzătoare.

Se arată în continuare că, în împrejurările în care protecţia se dovedeşte necesară, aceasta se poate realiza cu descărcătoare montate în stea, după schema cu trei sau patru elemente; în acest ultim caz, cel de-al patrulea descărcător este montat între nulul stelei şi pămînt.

În cazul montajului în bloc (generator-transformator) nu este necesară montarea descărcătorului în neutrul maşinii cu conexiunea stea şi nici a condensatorului pentru aplatisarea supratensiunii.

P.B.

CZ 621.313.1.001.41

Alimentarea unei platforme de încercat motoare cu tensiune de frecvenţă diferită de cea a reţelei, HEINZ-GÜNTHER, Gerbach, E.T.Z. (A) **82**, 1961, nr. 3.

Frecvenţa de alimentare influenţează foarte mult comportarea motoarelor electrice. De cele mai multe ori este însă necesară o sursă de alimentare cu frecvenţă constantă. În unele cazuri este necesară o sursă de tensiune cu frecvenţă continuu variabilă.

Pe baza unei platforme de experimentare, realizată în mod practic, se arată modul cum se pot asigura tensiuni de frecvenţă egală cu multiplii frecvenţei de reţea.

Platforma descrisă foloseşte un număr de maşini ce nu depăşeşte pe acela folosit în general. Se pot obţine treizeci frecvenţe fixe în banda de 10—250 Hz. Tot acest domeniu poate fi parcurs şi continuu.

Se dau relaţii de calcul şi exemple practice. O atenţie deosebită se acordă siguranţei schemei.

Platforma de încercare descrisă a fost realizată practic.

K.G.

CZ 621.313.1.001.5

Raportul „masă pură-putere", un criteriu pentru determinarea stadiului evoluţiei maşinilor electrice, VOGEL J., Elektrie, **15**, 1961, nr. 2, pag. 52-53, 2 fig.

Raportul $\frac{m}{P}$ se numeşte puterea specifică a maşinii electrice (m masa totală a maşinii, în kg; P puterea nominală a maşinii, în kVA). Pornind de la această definiţie se discută mărimile care contribuie la determinarea stadiului evoluţiei tehnice. Pierderile de putere şi puterea magnetizantă ale unei maşini electrice sînt funcţie de utilizarea materialului şi de soluţia constructivă. Orice maşină este un traductor de energie. Se ajunge la raportul „masă pură-putere" :

$$K = \frac{m + \Delta m_z}{P} = \frac{m}{P} + \frac{m_N}{P_N}\left(\frac{1}{\eta \cos \varphi} - 1\right),$$

în care :

m_N este masa totală a generatorului, kg;

P_N — puterea nominală a generatorului, kVA.

Pentru maşini de curent continuu şi sincrone, $\cos \varphi = 1$. Pentru maşini mari cu $\frac{m}{P} \approx \frac{m_N}{P_N}$, rezultă $K = \frac{m}{P} \frac{1}{\eta \cos \varphi}$.

În valoarea $\frac{m_N}{P_N}$ sînt incluse materialele pentru conductele de transport şi transformatoare.

S.A.

CZ 621.313.322 : 629.1

Alternatoare pentru vehicule de transport, (Alternators for transport vehicles), SUTHERLAND W. D., Electrical Times, 30 March 1961, pag. 515—516, 2 fig.

Autorul susţine teza înlocuirii generatoarelor de curent continuu, folosite pînă în prezent la echiparea vehiculelor de tot felul pe pămînt, pe apă sau în aer, prin grupuri alternator-redresor cu semiconductoare. Deşi perfecte, atît ca proiectare, cît şi ca execuţie, generatoarele de curent continuu, din cauza greutăţilor de comutaţie, sînt întrecute din toate punctele de vedere — greutate, ancombrament, cost şi performanţe electrice — de alternatoarele cuplate cu redresoare cu semiconductoare. Se arată, pe scurt, care dintre diferitele tipuri de alternatoare a avut pînă în prezent cel mai mare succes şi care este redresorul potrivit, precum şi aplicaţiile şi performanţele lor.

H.A.

621.316.219 APARATE ELECTRICE

CZ 621.315.615.2

Absorbţia gazelor în uleiurile izolante (Zur Gesanfuahme von Isolierrölen), KOENIG J., Elektrie **15**, 1961, nr. 5, pag. 166—168, 6 fig, 7 ref. bibl.

Pe măsura creşterii tensiunii de transport cresc şi parametrii impuşi materialelor izolante din transformatoarele de forţă şi de încercare. Pentru crearea unei izolaţii sigure în materialele izolante lichide nu trebuie să existe neomogenităţi sub forma unor incluziuni gazoase. Acestea pot să apară chiar la fabricarea transformatorului sau se pot produce mai tîrziu în ulei sub acţiunea descărcărilor la ionizare. Ele pot fi evitate dacă se face o degazare intensivă a uleiurilor, astfel încît acestea să prezinte o impermeabilitate faţă de gaze.

A.S.

CZ 621.316.54.026.45.001.4

Încercarea întreruptoarelor de înaltă tensiune, HOCHRAINER A. El. Wirtschaft, **60**, 1961, nr. 8, pag. 241—251, 29 fig.

După ce arată condiţiile pe care trebuie să le satisfacă întreruptoarele, autorul analizează metodele de încercare a acestora.

În continuare, sînt prezentate comparativ diferite metode, arătîndu-se avantajele şi dezavantajele acestora.

Este prezentată apoi detaliat metoda de încercare sintetică şi este descrisă schema cu una sau mai multe perioade (Weil-Dobke). Pe bază de oscilograme, sînt prezentate încercările făcute, menţionîndu-se şi declanşarea curenţilor mici capacitivi sau inductivi. Tipurile de aparate cu care s-au făcut încercările electrice au fost supuse şi la încercări mecanice.

Articolul are caracter de generalizare şi sintetizare a metodelor de încercare, în scopul utilizării celor mai adecvate dintre ele de către organizaţia P.E.H.L.A.

P.B.

CZ 621.316.788

Reglajul turaţiei micromotoarelor prin regulatoare cu curenţi turbionari (Drehzahteugelung an Kleinmotoren mit Wirbelstromregler), AMTHOR W., Elektrie, **15**, 1961, nr. 5, pag. 164, 3 fig., 1 ref. bibl.

Micromotoarele au adesea nevoie de o stabilizare a turaţiei. Principiul cel mai comod aplicabil este acela al regula-

torului cu curenţi turbionari, în care un disc de aluminiu montat pe axul motorului se roteşte între polii unui magnet. Electromagnetul este lamelat. Momentul de frînare este:

$$M_f = c\,\theta^2 \cdot n\frac{1}{R}\cdot$$

Din relaţie se vede că regulatorul produce un moment de frînare care creşte liniar cu turaţia. De aceea, regulatoarele cu curenţi turbionari pot fi folosite peste tot unde este necesară o variaţie liniară a momentului de frînare cu turaţia. Bobina şi pachetul de tole trebuie să fie adaptate creării momentului de frînare. În acest caz, se poate obţine un reglaj perfect al turaţiei. Variaţia fluxului poate fi obţinută şi printr-un sunet magnetic. Eficacitatea regulatorului este influenţată mult de puritatea aluminiului. Pentru obţinerea unui moment de frînare mare este necesar un întrefier mic. Acest mod de reglare a turaţiei prezintă avantaje economice importante, căci se realizează uşor mecanic şi electric.

A.S.

621.317 MĂSURI ELECTRICE

CZ 621.31.7.333.4 : 621.315.21

Localizarea precisă a defectelor în cabluri, STEINHAUER, H. El. Wirtschaft, **60**, 1961, nr. 5, pag. 141—149, 12 fig., 8 ref. bibl.

Prin „localizarea precisă" se aşteaptă determinarea situaţiei exacte a defectului din cablu, deja reperat prin utilizarea metodelor curente, nefiind nevoie să se deschidă în prealabil o cutie sau o secţiune a cablului, şi atunci cînd există abateri între măsurătorile efectuate.

Articolul indică metodele utilizate pentru cabluri de curenţi tari sau de construcţii similare în cazul ecarturilor de măsură. În cazul cînd cablul este degajat pentru localizare precisă, procedeele simple sînt suficiente. Alte aparate, mai costisitoare, permit localizarea defectului cu precizie superioară, fără a fi necesară degajarea cablului.

P.B.

CZ 621.317.333.4 : 621.315.2.001.4

Localizarea defectelor în cabluri prin metode clasice, WIDL, E. El. Wirtschaft, **60**, 1961, nr. 5, pag. 122—125, 9 fig., 10 formule.

Metodele clasice se menţin în exploatare alături de cele electronice datorită simplităţii aparaturii şi, în unele cazuri, exactităţii şi comodităţii pe care le oferă.

Autorul descrie în articol o serie de metode clasice de măsurare a rezistenţei, indicînd schema de principiu de măsură şi relaţiile de calcul corespunzătoare.

Articolul cuprinde o introducere, după care se arată defectele de izolaţie întîlnite mai des şi diferitele scheme care se utilizează în fiecare caz în parte.

În continuare se arată modul de localizare a întreruperii conductorului.

Articolul se încheie cu scurte observaţii referitoare la eficacitatea schemelor studiate.

P.B.

CZ 621.317.333.5 : 621.315.21

Localizarea defectelor din cabluri prin metoda rezonanţei, WECHSUNG, H. El. Wirtschaft, **60**, 1961, nr. 5, pag. 126—130, 9 fig. 2 tabele.

Localizarea defectelor prin înaltă frecvenţă dă rezultate care sînt în cea mai mare parte independente de caracteristicile cablului (rezistenţa şi capacitatea pe unitatea de lungime) şi de lungimea acestuia.

Autorul prezintă la început principiul metodei şi stabileşte relaţia de determinare a lungimii pînă la defect.

Pe baza observaţiilor făcute, prezintă schema principială a aparatului utilizat, care are două tuburi electronice, un redresor, un aparat indicator şi circuite oscilante, iar alimentarea este asigurată de la o baterie de 6 V.

Autorul descrie, de asemenea, modul de utilizare a aparatului în cazuri particulare complicate: două defecţiuni pe acelaşi cablu, două cabluri înseriate cu defect pe unul dintre ele etc.

Aparatul construit cîntăreşte numai 15 kg, este independent de tensiunea reţelei şi dă rezultate bune.

P. B.

CZ 621.317.77.012.7

Caracteristici electromecanice fundamentale ale fazmetrelor, POLISCIUK E. S. şi NESTERENKO A. D., Izmeritelnaia tehnika 1961, nr. 6, pag. 41—44, 2 ref. bibl.

După ce se prezintă domeniile tot mai largi în care se utilizează fazmetrele electrodinamice, se indică formulele de calcul fundamentale pentru momente, scări şi erori. Concluziile trase de aici se pot aplica cu uşurinţă şi în cazul fazmetrelor construite după alt sistem. Astfel, pentru forma scalei, se dă o formulă care ţine seamă de curenţii în cele două bobine parcurse de curenţii I şi I_e, de unghiul dintre curenţi, dintre curentul I şi tensiunea v şi de cîteva mărimi β, K_1, K_2 constante pentru un anumit tip de aparat. Se studiază apoi eroarea provocată de inductanţele mutuale, a formelor nesinusoidale ale curbelor din cauza schimbării frecvenţei. Astfel, la variaţii ale frecvenţei cu $\pm$ 10%, eroarea fazmetrului poate ajunge la 5—10°, motiv pentru care se indică luarea unor măsuri speciale de precauţie. Formulele de calcul date de autor au fost verificate în practică cu rezultate bune.

Fl. T.

CZ 621.319.51.015.5

Tensiunea iniţială şi de străpungere a spaţiilor de descărcare multiple, MARCINKOWSKI H., Elektrie, **15**, 1961 nr. 2, pag. 60—64, 11 fig. 9 formule, 1 ref. bibl.

La început, autorul prezintă modul de deducere, prin calcul, a repartiţiei tensiunii de-a lungul „lanţului" de intervale de străpungere. Gradul de neuniformitate a repartiţiei este determinat de prezenţa capacităţilor între intervale, pe de o parte, şi a celor parazite, pe de altă parte; considerînd o schemă echivalentă se deduce valoarea relativă a tensiunii în diferite puncte.

Apoi se analizează străpungerea intervalelor în cîmpuri omogene şi neomogene. Pentru aceasta, se prezintă ordinea încercărilor efectuate cu instalaţii de frecvenţă industrială şi de impulsie, arătînd şi modul de executare a experienţelor. Rezultatele obţinute sînt prezentate în diagrame şi sînt comparate cu cele obţinute prin calcul, între curbele corespunzătoare fiind o abatere acceptabilă.

Pe baza datelor obţinute se trag o serie de concluzii referitoare la modul de variaţie a tensiunilor iniţiale şi de străpungere şi se stabilesc valori reprezentative ale cîmpurilor

P. B.

CZ 631.32

Temperatura de culoare a unui filament spiralizat incandescent. (The colour-temperature of an incandescent helical filament). GIBBS J. E., GORDON—SMITH G. W. Brit J. appl. Phys. **12**, 1961, nr. 5, pag. 257—259, 4 fig., 13 ref. bibl.

Măsurătorile spectrofotometrice la 0,54 şi 0,69 μ ale radiaţiei din interiorul şi exteriorul filamentului spiralizat al unui bec auto de 12 V, 48 W funcţionînd la 4 A, au arătat că din cauza reflexiilor multiple în interiorul spiralei, luminanţa interiorului este cu circa 70% mai mare, iar temperatura lui cu 50 $\pm$ 1°K mai mare decît cea a exteriorului. Temperatura de culoare a luminii totale dată de un filament spiralizat depinde critic de poziţia unghiulară a observatorului faţă de sursă. Variaţii neregulate de circa 10°K au fost măsurate într-un unghi de $\pm$10°K faţă de planul ecuatorial al filamentului menţionat; variaţii similare au fost măsurate pentru o lampă uniplanară de proiecţie de 100 V, 500 W. Nu se recomandă utilizarea acestor becuri ca etaloane pentru temperatura de culoare.

A.S.

CZ 621.398.083.7 : 536.532

Aparat de măsurat temperatura cu ajutorul termoelementelor la maşini cu turaţii foarte mari, WEIS, H. ETZ-B, **13**, 1961, nr. 13, pag. 353—357.

Autorul descrie un sistem de compensaţie magnetică, cu care s-a reuşit a se realiza măsurători de temperatură, prin

termoelemente şi fără contacte mobile, la maşini cu turaţii foarte mari. Sistemul este explicat, măsurîndu-se temperatura unui arbore de maşină în rotaţie.

Un termoelement fixat la arbore transmite termotensiunea, respectiv termocurentul produs unei bobine, care se roteşte împreună cu arborele. Cîmpul electric creat în bobină este, deci, proporţional cu termocurentul şi, prin urmare, cu temperatura arborelui. Un al doilea cîmp electric fix, prin faţa căruia trece cîmpul electric menţionat, îl compensează pe acesta din urmă şi face astfel posibilă transmiterea temperaturii arborelui la un instrument indicator.

Pe baza unei schiţe, este descris apoi amănunţit aparatul. Bobina de rotaţie trece prin faţa a două bobine coaxiale (pe acelaşi miez) fixe, a şi b. Prin una dintre acestea trece un curent continuu, care poate fi reglat în aşa fel, încît cîmpul său să anuleze cîmpul indus de către bobina rotativă în bobina b. Menţinîndu-se impulsul de tensiune în bobina b la valoarea zero, curentul continuu ne dă o măsură pentru cîmpul din bobina rotativă, deci o măsură a temperaturii arborelui.

Reglajele curentului continuu, astfel încît să anuleze (să contrabalanseze) în permanenţă cîmpul indus în bobina b, se efectuează într-un transformator electronic de impuls.

Sînt descrise apoi amănunţit elementele care compun aparatajul de încercare, dîndu-se şi unele detalii privind experienţa, în special dependenţa măsurătorilor de turaţia maşinii. Cu dispozitivul descris s-au putut efectua măsurători între 40 şi 450°C la turaţii de 190—18 000 rot/min, cu erori de numai 2%. Articolul se încheie cu observaţii privind etalonarea dispozitivului.

Gh. C.

RECENZII

W. A. WENIKOW, L. A. SHUKOW: Fenomene tranzitorii în sisteme electrice. Teorie şi calcule (Ausgleichvorgänge in electrischen systemen. Theorie und Berechnung), VEB Verlag Technik Berlin, 1956, 252 pag., 130 fig,. numeroase tabele şi 58 ref. bibl. Traducere din limba rusă.

Cartea autorilor sovietici care se prezintă în traducere germană este remarcabilă din mai multe puncte de vedere. Ea uneşte, într-un volum de dimensiuni relativ reduse, o trecere în revistă a principalelor probleme privind fenomenele tranzitorii din sistemele electroenergetice. Autorii au ţinut seama nu numai de fenomenele electromagnetice, ci şi de cele mecanice, respectiv cele hidraulice. Analiza include unele rezultate obţinute de R. H. Park din S.U.A., ale cărui ecuaţii au fost completate de prof. Gorev din Leningrad.

Materia este împărţită în zece capitole după o numerotaţie zecimală. În capitolul 0, după o introducere, se enumeră problemele tranzitorii caracteristice ale sistemelor electroenergetice, făcîndu-se o comparaţie critică a metodelor de calcul utilizate. Capitolul 1 conţine ecuaţiile diferenţiale fundamentale, iar capitolul 2 ecuaţiile fenomenelor provocate de maşini electrice. După o prezentare a diferitelor sisteme de coordonate, a componentelor simetrice şi periodice, se stabilesc mărimile caracteristice tranzitorii ale maşinii sincrone, respectiv asincrone, şi se aplică ecuaţiile Park-Gorev complete şi simplificate.

Capitolul 3 se referă la solutii simultane ale sistemelor electromagnetice şi electromecanice. Se arată metodele de stabilire a puterii momentane, de analizare a unui fenomen în intervale succesive de timp, dîndu-se un exemplu de calcul (regulatorul unui turbogrup).

Stabilitatea dinamică se calculează în capitolul 4 după metode simplificate, pentru care se indică limite de valabilitate şi aplicaţii simple. Se dau ecuaţiile aproximative pentru pendulările generatoarelor şi pentru sincronizarea lor.

Capitolul 5 tratează despre fenomenele legate de mişcările relative ale rotorului alternatoarelor. Aici se dau şi se soluţionează ecuaţiile pentru puterea asincronă, a cărei influenţă tranzitorie apare clar din calcule. În capitolul 6 se calculează curenţii de scurtcircuit în cursul pendulărilor, aplicîndu-se o metodă relativ simplă. Influenţa neliniară a saturaţiei fierului se tratează în capitolul 7, iar în capitolul 8 se discută posibilităţile de aplicare a maşinilor de calcul statice şi dinamice la rezolvarea problemelor tranzitorii în sisteme electrice.

Cartea se încheie cu un capitol de anexe, care conţine deduceri matematice, curbe caracteristice, nomograme, cum şi o listă de simboluri literale. O listă de referinţe bibliografice încheie volumul.

Fenomenele tranzitorii interesează pe orice electrician, deoarece ele sînt determinante pentru multe domenii de aplicaţii din electrotehnica modernă. Sistemele electroenergetice reprezintă reţele cu caracteristici şi o comportare complicată, a căror analiză exactă implică calcule laborioase. Meritul cărţii este de a fi prezentat aceste probleme şi de a fi trecut la rezolvarea lor aplicînd metode aproximative, bazate pe teoria exactă, dar simplificate, astfel încît rezultatele să se înscrie în toleranţele ce se pot cere în mod practic pentru astfel de calcule. De asemenea, foarte utile sînt nomogramele din carte, care permit un calcul rapid al fenomenelor din reţelele normale.

Prezentarea este excelentă, cu toate că s-a ales formatul relativ mic de A5 şi corpul 8 pentru textul obişnuit (dacă litera ar fi fost puţin mai lată vizibilitatea ar fi cîştigat, iar volumul nu ar fi fost mult mai mare). Scrierea formulelor şi figurile se pot lua ca exemple de perfecţiune. Păcat că s-au strecurat relativ multe greşeli de tipar pentru care s-a anexat o erată.

Cartea umple un gol în literatura mondială şi poate servi inginerilor din institutele de proiectare şi din exploatări, cadrelor didactice şi studenţilor din institute şi cercetătorilor în domeniul electrotehnicii teoretice a sistemelor electroenergetice.

Dr. ing. A. AVRAMESCU

BREVETE R.P.R.

Descrierea invenției RPR 41466

Dispozitiv de protecție pentru motoarele trifazate împotriva suprimării unei faze și a suprasarcinilor mari

Dispozitivul menționat este folosit în scopul protecției motoarelor electrice trifazate împotriva scurtcircuitelor între două faze sau între o fază și pămînt, precum și împotriva suprimării unei faze provocate de întreruperea unei linii aeriene, de defectarea unei siguranțe la transformator, la racord sau la electromotor, sau de un contact defectuos al unui deget al contactorului de conectare.

Mijloacele de protecție cunoscute — bimetale, relee electromagnetice maximale și minimale, capsule termice și altele—prezintă dezavantajul că, pentru a asigura protecția necesară, trebuie combinate mai multe dispozitive, ceea ce conduce la un aparataj complicat și costisitor, iar dacă se simplifică acest aparataj, protecția nu este eficace în toate cazurile de defect posibile.

Dispozitivul de protecție, realizat de ing. Egon Hoppe și ing. Alexandru A. Crețescu de la Institutul de cercetări electrotehnice, rezolvă problema protecției electromotoarelor trifazate, fără prejudicii pentru rețea, indiferent dacă rețeaua are sau nu fir neutru, indiferent de conexiunile electromotorului și de felul dispozitivului de punere în funcțiune a acestuia.

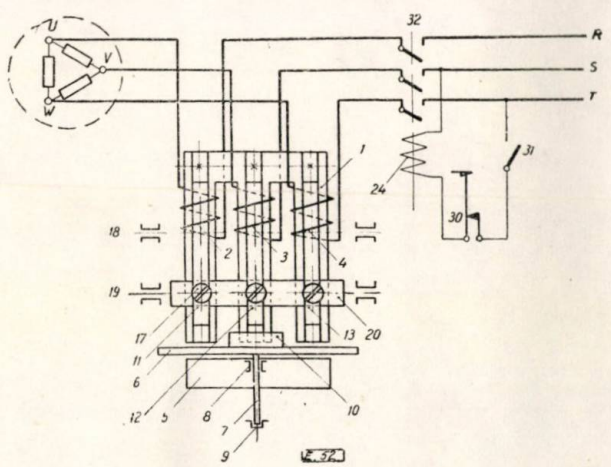


Fig. 1.

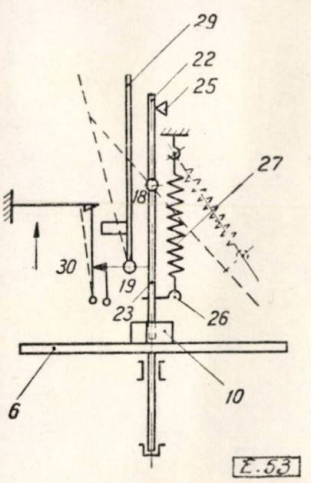


Fig. 2.

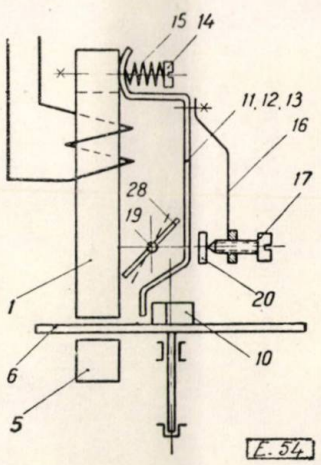


Fig. 3.

Dispozitivul este prevăzut cu un circuit magnetic constituit din două pachete de tole, pachetul *1* cu trei coloane, pe care sînt montate bobinele *2, 3* și *4*, și pachetul *5* care servește ca jug pentru închiderea circuitului magnetic. Cele trei bobine sînt intercalate în cele trei faze ale circuitului de alimentare a motorului electric. La întrefierul dintre pachetele *1* și *5* se rotește un disc metalic *6*, solidar cu axul *7*, care este susținut de lagărele *8* și *9*. Discul poartă o paletă *10* în formă de S. Pachetul *1* poartă trei armături feroase, *11*, *12*, *13*, care sînt astfel montate fiecare încît, printr-un șurub *14* și un arc de compresiune *15*, să se poată rostogoli cu cîteva grade. Fiecare garnitură poartă o lamă arcuitoare *16*, a cărei pretensionare se face cu șurubul *17*.

În fața pachetului *1* se găsesc montate două axe *18* și *19* și o bară fixă *20*, pe care se reazemă vîrful șurubului *17*. Axul *18* are trei brațe, *21*, *22*, *23*. Cînd bobina de acționare *24* nu este străbătută de curent, brațul *21* rotește axul *18* în sensul acelor de ceasornic, pînă cînd brațul *22* se lovește de opritorul *25*. Brațul *23* se angrenează cu paleta *10* și poartă un știft *26*, pe care-l atacă un arc de tracțiune *27*, care tinde să rotească axul *18* în sens contrar acelor de ceasornic. Axul *19* poartă trei brațe *28*, cîte unul în dreptul fiecăreia dintre armăturile feroase *11*, *12*, *13*, care, în mișcarea lor spre pachetul de tole *1*, ating brațele *28* și mișcă axul *19* contrar sensului acelor de ceasornic; apoi, prin brațul de declanșare *29*, se deschide contactul *30* din circuitul bobinei *24*. Contactul *30* se blochează în poziția deschisă cu ajutorul unei gheare elastice, putînd fi deblocat prin apăsarea acestei gheare. Circuitul bobinei *24* se închide și se deschide prin contactul *31*, iar întreruptorul automat *32* conectează motorul electric la rețea.

Dispozitivul de protecție funcționează în felul următor:

Cînd contactul *31* este deschis, prin bobina *24* nu trece curent, întreruptorul *32* este deschis, și motorul electric este scos din circuit. Miezul bobinei *24* presează asupra brațului *21*, iar brațul *22* asupra opritorului *25*. Discul *6* se găsește într-o poziție oarecum admisă de brațul *23*.

Cuplul Ferraris trifazat rotește discul *6* cu paleta *10*, în sensul săgeții *F*, paleta *10* presează asupra brațului *23*, iar poziția axului *18* rămîne neschimbată.

La întreruperea contactului *31*, cuplul *F* dispare, presiunea paletei *10* asupra brațului *23* încetează, însă miezul bobinei *24* apasă din nou pe brațul *21*, și poziția axului *18* rămîne iar neschimbată.

Cînd, în timpul funcționării, curentul dintr-o fază depășește o anumită valoare reglabilă, forța de atracție între pachetul *1* și armătura respectivă (*11*, *12*, *13*) depășește pretensionarea lamei arcuitoare *16*, reglată la o anumită

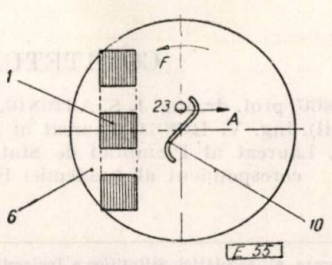


Fig. 4.

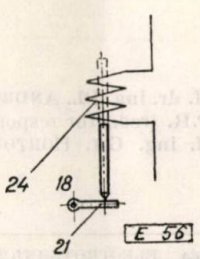


Fig. 5.

valoare prin şurubul *17*; armătura, rostogolindu-se cu cîteva grade, atacă braţul *28* care roteşte axul *19*. Braţul de declanşare *29* deschide contactul *30*, care se blochează în poziţia deschis. Întreruperea circuitului bobinei *24* provoacă declanşarea întreruptorului automat *32*.

Cînd în timpul funcţionării o fază este întreruptă, bobina *24* continuă să rămînă sub tensiune, chiar atunci cînd este conectată la faza întreruptă, şi în general nu declanşează. Cuplul Ferraris se anulează însă, deoarece decalajul între fazele neîntrerupte devine egal cu 180°. În acest fel, braţul *23* nu mai este menţinut în poziţia sa, iar prin forţa arcului *27* acul este rotit contrar sensului acelor unui ceasornic; braţul *23* se roteşte şi, prin braţul *22*, presează asupra braţului *29*, provocînd declanşarea automată, după cum s-a descris anterior. În cazul unei asemenea întreruperi a circuitului bobinei *24*, axul *18* este readus în poziţia iniţială, prin intermediul braţului *21*, arcul de tracţiune *27* se reînarmează, braţul *23* se reîntoarece în poziţia normală şi braţul *22* presează din nou asupra opritorului *25*.

Dispozitivul de protecţie prezintă următoarele avantaje:

— conduce la declanşarea instantanee, şi deci la o protecţie integrală în timp a bobinajului electromotorului, în toate cazurile de defecte electrice şi, în special, la pornirea motorului electric cu o fază întreruptă;

— poate fi folosit acolo unde protecţia cu bimetal nu poate fi utilizată, ca de exemplu la motoare electrice cu porniri foarte grele (centrifuge), motoare cu modificarea turaţiei prin schimbarea numărului polilor, motoare cu regim intermitent (maşini de ridicat);

— declanşează şi atunci cînd defectul apare în timpul funcţionării, cît şi în momentul punerii în funcţiune a receptorului, cînd defectul s-a produs în timpul nefuncţionării acestuia;

— este aplicabil, indiferent de felul reţelei (cu sau fără fir neutru pus la pămînt), indiferent de conexiunile receptorului (în stea sau în triunghi), indiferent de mijloacele folosite pentru punerea în funcţiune a receptorului (manetă, buton de distanţă, contact ferm, întreruptor cu inversarea sensului de rotaţie, transformator de pornire etc.);

— asigură o protecţie absolută printr-un singur dispozitiv de construcţie simplă şi ieftină, aplicabil la orice motor electric prevăzut cu întreruptor automat;

— poate fi înglobat într-un întreruptor automat sau montat într-o cutie separată, ca adaos la un întreruptor vechi existent, care va funcţiona ca un contactor cu putere de rupere suficientă.

Ing. I. LAZAROVICI

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ŞT. GROSU, conf. ing. GH. HORŢOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEŢ, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia şi Administraţia: Bucureşti, str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 14.15.95—14.06.24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Preţul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor ASIT, precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT — 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin, Bucureşti. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 5479.

OMSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

SOMMAIRE

CZ 621.3 : 05(498) „1962"

Thématique de la revue pour l'année 1962

Electrotehnica **10** (1962) 1. 1—2

CZ 621.385.83.013.00.12

Iliescu C., Haltrich St, Leibovici I. : **Mesure des paramètres magnétiques du bétatron I.F.A. Détermination de la position de l'orbite d'équilibre.**

Electrotehnica **10** (1962) 1. 3—10

Dans cet article on présente plusieurs méthodes de détermination du rayon de l'orbite stable, méthodes appliquées dans le cadre des travaux de mise en marche du bétatron de l'Institut de Physique Atomique. On décrit et on analyse du point de vue des erreurs quelques méthodes magnétiques et une méthode radiométrique.

A la fin on décrit une méthode pour déterminer la variation de la position de l'orbite stable au cours du processus d'accélération.

CZ. 621.316.17 : 728

Cosmin Gh. : **Tendances modernes dans la construction de l'appareillage pour les installations intérieures dans les habitations.**

Electrotehnica **10** (1962) 1. 11—17

On présente les principes de construction de l'appareillage moderne pour les installations intérieures : interrupteurs et commutateurs, prises et fiches de courant, couples, coupe-circuits à fusibles et automatiques. On distingue nettement une tendance vers des constructions technologiques de hautes performances et des formes adaptées fonctionellement et esthétiquement aux nouvelles lignes architecturales.

On énumère les appareils mis en fabrication et ceux qui sont en cours d'être assimilés chez nous.

NOUVELLES C.E.I.

CZ 621.315.61.(03).

Rădulet R., Lefter C., Raicu V. : **L'encyclopédie des matériaux électroisolants.**

Electrotehnica **10** (1962) 1. 18—29

La variété et le nombre toujours croissant de matériaux électroisolants rendent difficile la tâche des constructeurs de machines et appareils électriques d'en choisir rapidement le matériel le plus adéquat au domaine d'application désiré. L'Encyclopédie offre une classification des matériaux à base de critériums pratiques, présentant ensuite sous forme de tableaux synoptiques et fiches documentaires les propriétés générales des groupes de matériaux, leur destination, le mode d'emploi etc. Un tel ouvrage requiert naturellement une énorme quantité de travail, auquel notre pays, en tant que membre de la Commission Electrotechnique Internationale, devrait apporter sa part de contribution.

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CZ. 621.3.011.3

Semlyén A. : **Contributions à l'étude des propriétés des impédances différentielles.**

Electrotehnica **10** (1962) 1. 29—33

CHRONIQUE 34—35
NOUVELLES DE L'ETRANGER 35
DOCUMENTATION 36—38
COMPTES-RENDUS 38
BREVETS 39—40

CONTENTS

DC 621.3:05(498) „1962"

The 1962 special themes.

Electrotehnica **10** (1962) 1, 1—2

D.C. 621.315.013.0012

Iliescu C., Haitrich St., Leibovici I. : **Measuring the magnetic parameters of the I.F.A. betatron. Determination of the position of the equilibrium orbit.**

Electrotehnica, **10** (1962) 1, 3—10

This paper presents several methods of determining the radius of the stable orbit which have been used to tune the betatron of the Institute for Atomic Physics (I.F.A.) Some magnetic methods and a radiometric one are described and analysed from the viewpoint of errors.

A method of determining the drift of the stable orbit during the acceleration process is described in conclusion.

D.C. 621.316.17 : 728

Cozmin Gh : **Modern trends in building the apparatus relating to inner installations in dwelling places.**

Electrotehnica **10** (1962) 1, 11—17

The author discusses the constructive principles of the modern apparatus connected with inner installations : switches and commutators, connections and plugs, couplings, fusible cut-outs and automatic cut-outs.

The tendency towards technological constructions, high performances, forms adapted functionally and aesthetically to the new architectural lines is obvious.

The apparatus presently produced or in process of assimilation in our country are shown.

NEWS IEC

D.C. 621.315.61 (03)

Rădulet R., Lefter C., Raicu V., : **The encyclopaedia of the electroinsulating materials.**

Electrotehnica **10** (1962) 1, 18—29

The diversity as well as the ever increasing number of electroinsulating materials complicate the tasks of the electrical apparatus and machine builders.

The encyclopaedia of electroinsulting materials facilitates the rapid choice of the most adequate materials required by the respective application field.

A classification of the materials according to practical reasons is given followed by synoptic tables and documentary cards showing the general properties of the various groups of materials, their destination, uses etc. The drawing up of a monography is also intended. Such a project requires huge efforts on an international scale and it is desirable that our country as a member of the IEC participates in the common works.

FOR YOUNG ENGINEERS

DC 621.3.011.3

Semlyén A. : **The properties of the differential impedances.**

Elctrotehnica **10** (1962) 1,29—33

CHRONICLE, 34—35
BRIEF NEWS FROM ABROAD, 35
DOCUMENTATION, 36—38
REVIEWS, 38
PATENTS 39—40

TITLURI DOCUMENTARE

21.313 MAȘINI ELECTRICE

CZ 621.313 : 62—712.2

Hak, J.

Executarea optimă a canalelor de răcire în mașinile electrice. Elektrotechn. Z. (ETZ—A.), **82**, 1961, 15, pag. 475—480, 7 fig., 1 tab., 8 ref. bibl.

CZ 621.313.12.072.2

Laible, Th.

Considerații de bază privitoare la problema reglării tensiunii generatoarelor. Bull.A. SE. **52**, 1961, 4 (25 febr.), pag. 114—120, 15 fig., 10 ref. bibl.

CZ 621 313.13 ; 621—5923

Gatting, E.

Motoare de frînare, acționări cu frînare automată. Energie u. Techn. (R.F.G.) **13**, 1961, 3, pag. 97—101, 10 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.313.17

Cernavin, B.

Generatoare fără contacte mobile pentru curent alternativ și curent continuu. Energie u. Techn. (R.F.G.), **13**, 1961, 3, pag. 91—94, 4 fig.

CZ 621.313.2 : 531.77.082.74

Kalas, V.

Limitarea artificială a componenților de curent alternativ al tensiunii unui generator tahometric de curent continuu. Elektrotechn. Cas. (R.S.C.), **XII**, 1961, 3, pag. 152 — 166, 6 ref. bibl.

CZ 621.313.2.013.8 : 621—83.001.57

Mamodov, V. M. și *Rudakov, V. V.*

Reprezentarea circuitelor de excitație ale mașinilor de curent continuu în modelele electrodinamice ale sistemelor de acționare. Vestn. elektroprom-sti (U.R.S.S.), **32**, 1961, 3, pag. 50—55, 8 fig.

CZ 621.313.32

Palastin, L.M.

Generatoare sincrone fără perii de contact. Elektricestvo, **3**, 1961, pag. 51—56, 4 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

CZ 621.313.322.029.45

Hagedorn, G.

Un alternator sincron trifazat de 10 kHz. Elektrotechn. Z. (ETZ—B), **13**, 1961, 11, pag. 297—298, 4 fig. 2, ref. bibl.

CZ 621.313.323.013.8 : 621.318.2

Perov, V. I.

Motor sincron cu excitație prin magneți permanenți și pornire prin efect de histerezis. Vestn. elektroprom-sti (U.R.S.S.), **32**, 1961, 3, pag. 32—38, 8 fig., 3 tab. 5 ref. bibl.

621.314.2. TRANSFORMATOARE

CZ 621.314.21 + 621.314.22.08 : 061.4 (43—2.27) 1961

Frank, A. și *Kaltopen, A.*

Transformatoare de putere și transformatoare de măsură Tîrgul electrotehnic industrial de la Hanovra 1961. Elektrotechn. Z (ETZ—SA.), **82**, 1961, 13, pag. 402—405, 11 fig.

CZ 621.314.21.042 : 621.317.4

Koenig

Un nou tip de dispozitiv de măsurat pentru miezuri de transformator. Elektrie, **15**, 1961, 1, pag. 24, 3 fig.

CZ 621.314.21.052 1/3

Vidmar, M.

Transformatoare trifazate sau grupuri de transformatoare monofazate. ÖZE (Austria), **14**, 1961, 3, pag. 75—82, 5 fig.

CZ 621.314.222.001.4 : 621.317.333.8

Sapjnikov, A. V. şi *Frid, E.S.*

Rezistenţa la impulsuri de tensiune a transformatoarelor de forţă. Vestn. elektroprom-sti (U.R.S.S.) **32**, 1961, 3, pag. 12—19, 9 fig., 1 tab., 2 ref. bibl.

CZ 621.314.222.042

Kraiz, A. G., Lutes, L. V.

Studiul privind circuitele magnetice cu cadru multiplu pentru transformatoarele de puteri mari. Vestn. elektroprom-sti (U.R.S.S.), **32,** 1961, pag. 5—9, 6 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.314.223.027.8

Bodnar, V. V.

Despre regimurile de lucru ale autotransformatoarelor coboritoare de puteri mari. Vestn. elektroprom-sti (U.R.S.S.), **32,** 1961, 3, pag. 9—11, 2 fig., 1 tab.

621.314.6 REDRESOARE

CZ 621.314.6 : 061.4 (43—2.27) „1961"

Ludwig, E. şi *Nowag, W.*

Convertizoare statice (redresoare). Tîrgul electrotehnic industrial de la Hanovra 1961. Elektrotechn. Z (ETZ—A), **82** 1961, 13, pag. 406—410, 12 fig.

CZ 621.314.63.077.7 : 621.312.42.001.24

* * *

Calculul bobinei de reglare a redresoarelor cu semiconductoare Elektrotechn. Obz. (R.S.C.), **50**, 1961, 3, pag. 156—161, 6 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.314.634

Loeffler, C.

Progrese recente în domeniul redresoarelor cu seleniu. Onde électr., **41**, 1961, 407 (feb.), pag. 123—131, 15 fig., 3 tab., 3 ref. bibl.

621.315.2 CABLURI

CZ 621.315.2 029.5

Queck, U.

Cabluri de energie de înaltă frecvenţă. Elektrotechn. Z (ETZ—A) **82**, 1961, 16, pag. 501—507, 16 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

CZ 621.315.2.027.3 11.003

Jurgens, W.

Punct de vedere economic asupra cablurilor de 110 kV. Elektrotechn. Z (ETZ—B), **13**, 1961, 11, pag. 293—296, 8 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

621.315.6 MATERIALE IZOLANTE

CZ 621.315.612 : 666.593.3

Avetikov, V. G. şi *Zinko, E. I.*

Influenţa oxizilor de fier asupra proprietăţilor materialelor ceramice pe bază de steatit folosite pentru fabricarea izolatoarelor elastice. Steklo i keramika (U.R.S.S.), **XVIII,** 1961, 3, pag. 19—22, 2 fig., 3 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.615.2

Djuvarli, C. M. şi *Muharskaia, I. A.*

Studiul proprietăţilor dielectrice şi al stabilităţii uleiurilor de transformator. Elektricestvo **3**, 1961, pag. 83—86, 5 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.375.3

Ringheţ, P.

Amplificatoarele magnetice. Rev. Gen. Electron **15,** 1961, 172 (15 martie), pag. 22—26, 14 fig.

621.375.9 AMPLIFICATOARE

CZ 621.375.9

Karlov, N. V. ş.a.

Saturaţia amplificatoarelor paramagnetice şi durata de restabilire a amplificării. Radiotehnika i elektronika **6**, 1961, 3, pag. 410—415, 2 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.375.9

Gossel, D.

Amplificatorul parametric. Elektron Rdsch, **15,** 1961, 3, pag. 91—95, 9 fig.

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

O lucrare enciclopedică în domeniul tehnicii şi al ştiinţelor ei de bază

Dezvoltarea economiei noastre naţionale datorită avîntului industriei, al tehnicii, cere oamenilor muncii să-şi ridice necontenit nivelul profesional, să-şi lărgească continuu sfera de cunoştinţe tehnice, pentru a contribui din plin la creşterea şi perfecţionarea neîntreruptă a producţiei socialiste, pe baza tehnicii celei mai înalte.

Răspunzînd acestei necesităţi şi aplicînd în practică directivele partidului şi guvernului, Editura tehnică a tipărit între anii 1949—1956 prima ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn, elaborat de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Populară Romînă (ASIT).

La realizarea acestei lucrări au contribuit cîteva sute de colaboratori — academicieni, membri corespondenţi ai Academiei R.P.R., doctori în ştiinţe, cadre universitare dintre cele mai calificate, ingineri şi tehnicieni care activează nemijlocit în aproape toate ramurile industriale, laureaţi ai Premiului de Stat etc.

Lexiconul Tehnic Romîn ediţia I a apărut în şapte volume, cuprinzînd 48 763 de termeni directori cu toate subdiviziunile lor şi circa 6 500 figuri.

Apariţia numeroaselor ramuri noi ale producţiei, dezvoltarea rapidă pe care a luat-o tehnica în ultimii ani şi creşterea numărului celor care folosesc tehnica, cît şi precizările făcute în multe domenii ale terminologiei tehnice de către Academia R.P.R. şi Oficiul de Stat pentru Standarde au dus la publicarea noii elaborări a acestei lucrări.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn este elaborată de un colectiv mai lărgit al ASIT.

Concepută în 16 volume, noua elaborare cuprinde un vast material documentar din 70 de discipline de bază şi va prezenta, în circa 10 000 de pagini, 70 000 de termeni directori şi aproximativ 17 000 de figuri.

În noua lui formă, Lexiconul reflectă nivelul înalt la care s-a ridicat capacitatea de cercetare, de proiectare şi de producţie din ţara noastră, sub impulsul industrializării socialiste a ţării şi a cuceririlor noi, romîneşti şi mondiale, ale ştiinţei.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn cuprinde o informare tehnică mai amplă, atît în ceea ce priveşte numărul de termeni trataţi cît şi întinderea şi profunzimea fiecărui text explicativ, bazată pe progresul tehnicii şi al ştiinţei. Numărul de discipline s-a mărit, cuprinzînd ramuri noi ca : Pedologia, Televiziunea, Plasticitatea, Fizica atomică nucleară etc.

S-au introdus mulţi termeni noi, ca : Acoperire, Adaos, Metalurgie, Aerofar, Automatizare, Aeromagnetometrie, Bureză, Calculator electronic etc.

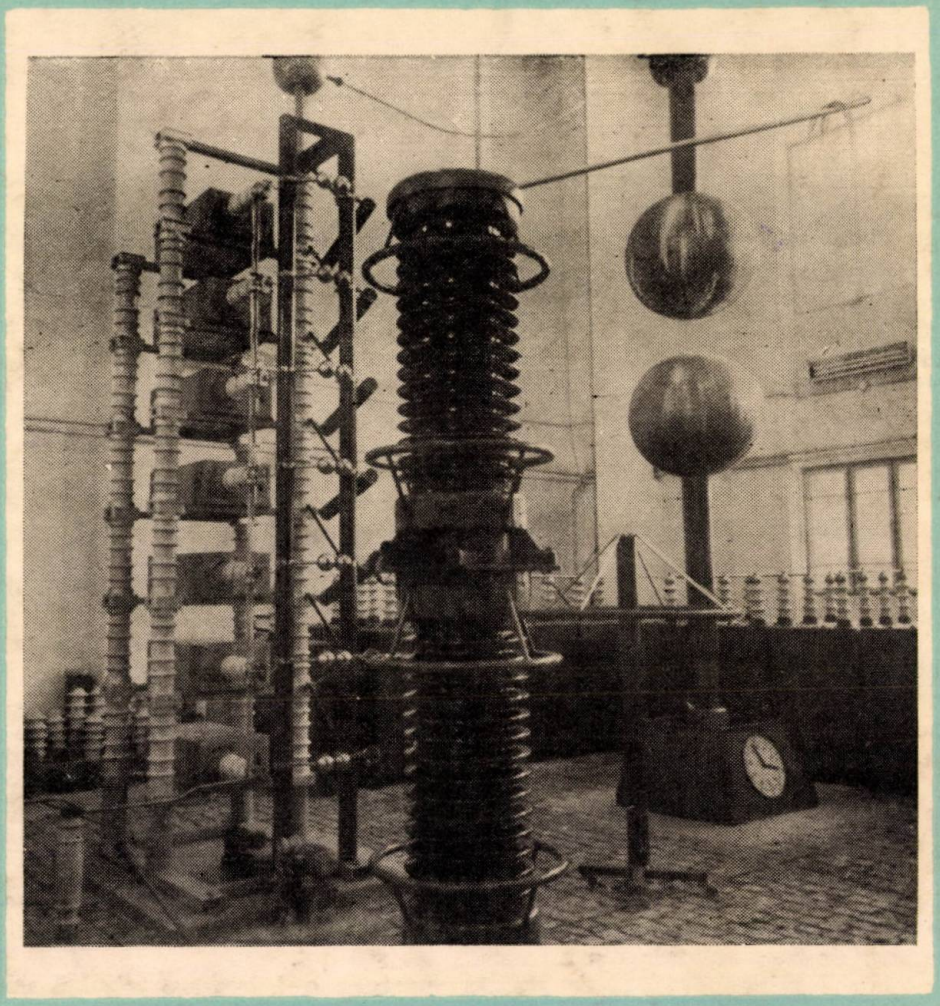
S-a realizat o ordonare mai sistematică a materialului şi o unificare a terminologiei tehnice şi ştiinţifice, de comun acord cu lucrările lexicografice ale Academiei R.P.R. şi cu Oficiul de Stat pentru Standarde.

Aspectul grafic al lucrării a fost schimbat. S-a folosit formatul mare Z5—205/265 mm cu un număr mai mare de semne tipografice pe pagină, cu o ilustraţie bogată şi pe hîrtie velină.

Pînă în prezent au apărut primele opt volume ale noii ediţii a Lexiconului Tehnic Romîn, totalizînd 4 947 de pagini, circa 26 974 de termeni directori, 7 742 de termeni secundari explicaţi în text şi 9 606 de figuri.

Următoarele opt volume (vol. IX—XVI) vor apare în anii 1962—1964, cuprinzînd literele H—Z, iar preţul fiecărui volum va fi de 100 lei.

Noua elaborare a Lexiconului Tehnic Romîn va intra în tezaurul culturii ca un bun social şi va deveni un îndrumător preţios pentru ingineri, tehnicieni, cercetători, cadre didactice, militari, studenţi şi muncitorii cu un nivel mai ridicat.



I P 2, з. 5479

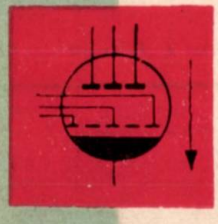
E 20 HO

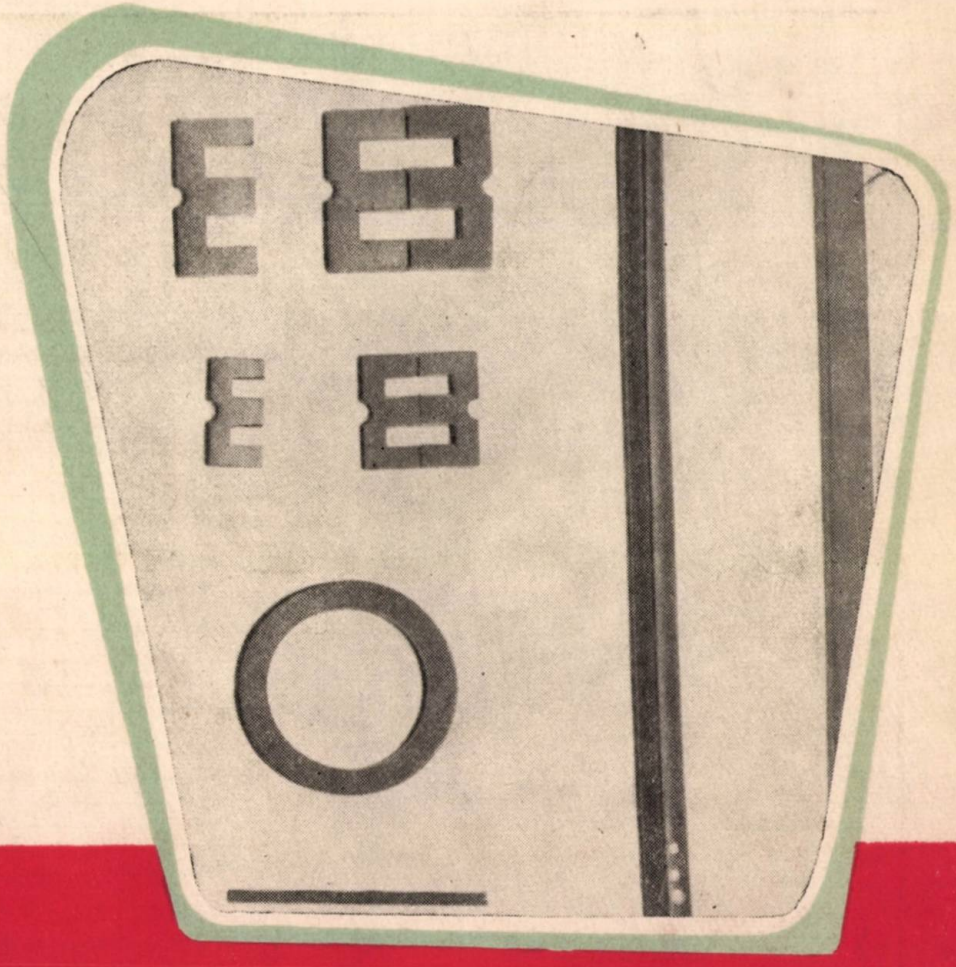
R

ELECTROTEHNICA

REFERATIVA

SEMICONDUCTOARE





2-3

Electrotehnica — București ★ Anul 10 ★ nr. 2-3 ★ p. 41—112 ★ februarie—martie 1962

»Elektrim« *Industria electrotehnică poloneză*

furnizează:

- Maşini trifazice de curent alternativ şi maşini de curent continuu.
- Transformatoare de putere cu sau fără reglaj de tensiune, transformatoare de sudură.
- Instalaţie de conexiune pentru înaltă şi joasă tensiune.
- Material electric pentru mine.
- Cuptoare electrice de diferite tipuri şi etuve.
- Cărucioare cu acumulatoare pentru transportul şi ridicarea greutăţilor.
- Instalaţii pentru măsurători electrice şi electronice, precum şi contoare de energie electrică.
- Echipamente teletehnice şi radiotehnice.
- Material de instalaţii pentru aplicaţii industriale şi casnice.
- Pile galvanice şi acumulatoare.
- Echipament de producţie a energiei electrice (pentru industrie şi pentru centrale electrice).
- Cazane pentru încălzire centrală.

CALITATE EXCELENTĂ • PREŢURI CONVENABILE • TERMENE DE LIVRARE SCURTE

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

»Elektrim«

WARSZAWA 2, Czackiego 15/17, R. P. POLONĂ • Telegrame: ELEKTRIM—WARSZAWA • Telefon: 6-62-71 • Telex: 10415 • Cutia poştală: 254

INGINERI şi TEHNICIENI

ABONAŢI-VĂ PE ANUL 1962

la revistele tehnice de specialitate, elaborate de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor în colaborare cu departamentele economice de resort. Revistele contribuie la ridicarea nivelului pregătirii profesionale a cadrelor tehnice din producţie, învăţământ, cercetare şi proiectare prin publicarea de articole şi note privind ultimele realizări obţinute în ştiinţele tehnice din ţară şi străinătate.

★

Costul unui abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni: Metalurgia şi Construcţia de Maşini 48 lei; celelalte reviste 30 lei; Gazeta „Tehnica Nouă" 26 lei; pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. 100 lei la oricare revistă şi 26 lei la gazeta „Tehnica Nouă". Plata se face prin cont virament nr. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin sau la casieria noastră, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, et. I, Raionul T. Vladimirescu

Apar:

AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA
CELULOZĂ ŞI HÎRTIE
ELECTROTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UŞOARĂ
METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
PETROL ŞI GAZE
REVISTA DE CHIMIE
INDUSTRIA ALIMENTARĂ produse animale
INDUSTRIA ALIMENTARĂ produse vegetale
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAŢII
GAZETA „TEHNICA NOUĂ"

ELECTROTEHNICA

Anul 10 nr. 2—3 februarie—martie 1962

CUPRINS

CZ 537.311.33 : 546.28 : 621.315.59

Roman P., Rittenberg V., Didiv B., Bălănel E. : **Obținerea monocristalelor de siliciu de mare puritate**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 41—52

Se prezintă rezultatele obținute în cadrul laboratorului de materiale semiconductoare din ICET în elaborarea monocristalelor de siliciu de mare puritate, pornind de la siliciul metalurgic.

Se descriu instalațiile pentru obținerea barelor de siliciu prin reducerea triclorsilanului cu hidrogen, pentru purificarea zonară și creșterea monocristalelor.

CZ 621.315.9 : 546.28 : 621.396.611.21

Mircea A. și Stoenescu M. : **Transistoare cu siliciu, aliate**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 52—59

Se expun rezultatele obținute în lucrările de cercetare care au dus la realizarea unui transistor cu siliciu aliat. Plecînd de la circuitul electric echivalent al transistorului, se arată influența parametrilor geometrici și fizici asupra caracteristicilor electrice și se discută posibilitățile de proiectare a unui transistor.

CZ 537.311.33 : 546.28 : 621.314.63

Alper S. : **Ventile de putere cu germaniu și siliciu**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 60—72

După expunerea principiilor fizice ale funcțiunilor *PN* și *PNS* se descrie modul de realizare a structurilor redresoare, se discută caracteristicile lor și apoi se analizează construcția celulelor redresoare. În încheiere se discută perspectivele de viitor ale redresoarelor cu germaniu și siliciu.

CZ 621.315.59 : 546.23 : 621.314.63

Mozeș G., Lapedatu E., Zaharia C., Friedmann A., Arabian L., Radu O., Bartoș V., Dedulescu L. : **Noi tipuri de celule redresoare cu seleniu**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 72—86

Se arată avantajele redresoarelor cu seleniu în anumite domenii de tensiune și curent. Se discută sumar posibilitățile de îmbunătățire a performanțelor și căile urmate pentru realizarea noilor tipuri de celule.

Se prezintă performanțele a trei tipuri de celule realizate la ICET, dintre care unul a fost introdus în fabricație, iar la al doilea lucrările de asimilare în producție sînt în curs

CZ 621.315.59 : 621.316.72.078.

Damsker D. : **Semiconductorul cu patru straturi și utilizarea lui în comutarea curenților tari**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 87—94

Se dau caracteristicile tipice ale unor asemenea semiconductoare, principiile constructive și modul de funcționare. Se prezintă scheme principiale de utilizare a diodelor semiconductoare în circuitele de comutare pentru curenți tari. În cazul triodei se arată și schemele de comandă cu element de execuție în circuitele de reglare.

CZ 621.314.63 : 621.331.1.39

Avramescu A. : **Performanțele și aplicațiile industriale ale redresoarelor de putere cu semiconductoare**

Electrotehnica, 10 (1962) 2-3, 95—108

După o scurtă privire asupra importanței crescînde a curentului continuu se tratează pierderile și randamentul redresoarelor cu semiconductoare și se face o comparație cu alte feluri de redresoare. Se dau apoi schemele și datele caracteristice ale redresoarelor cu semiconductoare utilizate pentru încărcarea bateriilor de acumulatoare, la sudura electrică, în instalațiile de electroliză și galvanotehnică, în tracțiunea electrică și în acționări de diferite feluri.

CRONICĂ

REFERATE

Fotografia de pe coperta I reprezintă miezuri din ferite moi. În stînga sus miezuri E; la mijloc, miez toroidal și miezuri bastonașe pentru radioreceptoare; jos, miez oală pentru receptoare miniatură; la dreapta, bare de antenă, iar pe coperta IV-a magneți permanenți din ferită de bariu elaborați la ICET. În stînga magneți (izotrop și anizotrop) pentru difuzoare; la mijloc magneți pentru dinam de bicicletă; la dreapta magnet pentru magnetou.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 537.311.33 : 546.28 : 621.315.59.

Roman P., Rittenberg V., Didiv B., Bălănel E.: **Получение монокристаллов кремния высокой чистоты.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 41–52

Представлены результаты, достигнутые лабораторией полупроводников в И.Ч.Е.Т., по получению монокристаллов кремния высокой чистоты, исходя из металлургического кремния. Описываются установки по получению кремниевых прутков посредством восстановления водородом трихлорсилана, для очистки и роста монокристаллов.

ДК 621.315.9 : 546.28 : 621.396.611.21.

Mircea A., Stoenescu M.: **Транзисторы с легированными кремнием.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 52–59

Излагаются результаты исследовательских работ, которые привели к созданию транзистора с легированными кремнием. Исходя из электрических цепей эквивалентных трансистору, показывается влияние геометрических и физических параметров на электрические характеристики и обсуждаются возможности проектирования транзистора.

ДК 537.311.33 :546.28 :621.1314.63

Alper S.: **Германиевые и кремниевые выпрямители мощности.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 60–72

После изложения физических принципов функций *PN* и *PNS*, описывается способ выполнения выпрямительных структур, обсуждаются их характеристики и затем анализируется конструкция выпрямительных ячеек. В заключение обсуждаются перспективы германиевых и кремниевых выпрямителей.

ДК 621.315.59 : 546.23 : 621.314.63

Mozeş G., Lapedatu E., Zaharia C., Friedman H., Arabian Z., Radu O., Bartoş V., Dedulescu Z.: **Новые типы селеновых выпрямительных ячеек.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 72–86

Показываются преимущества селеновых выпрямителей в некоторых пределах тока и напряжения. Вкратце обсуждаются возможности улучшения их показателей и пути создания новых типов ячеек. Представлены показатели трех типов ячеек, созданных И.Ч.Е.Т.-ом, из которых один уже внедрен и производство, а второй находится в стадии внедрения в производство.

ДК 621.315.59 : 621.316.72.078

Damsker D.: **Четырехслойный полупроводник и его использование для переключения сильных токов.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 87—94

Даются типичные характеристики такого рода полупроводников, конструктивные принципы и способ действия. Представлены основные схемы использования полупроводниковых диодов в целях переключения сильных токов. Для триода показываются и схемы управления как рабочий элемент в регулировочных целях.

ДК 621.314.63 :.621.33]39

Avramescu A.; **Показатели и промышленное применение силовых выпрямителей с полупроводниками.**

Electrotehnica 10 (1962) 2-3, 95–108

После краткого обзора непрерывно растущего значения постоянного тока, обсуждаются потери и.к.п.д. полупроводниковых выпрямителей при одновременном сравнении с другими типами выпрямителей. Анализируется защита этих выпрямителей с небольшой термической сопротивляемостью против перегрузки током и против обратных перегрузок. Приводятся потом схемы и характеристики полупроводниковых выпрямителей, используемых для зарядки аккумуляторных батарей, для электросварки, в установках электролиза и гальванотехники, в электротяге и в разного рода приводах.

ХРОНИКА
ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 537.311.33 : 546.28 : 621.315.59.

Roman P., Rittenberg V., Divid B., Bălănel E. : **Die Bildung der hochreinen Silizium-Monokristalle**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 41 – 52

Die im Laboratorium für Halbleiterstoffe des Elektrotechnischen Forschungsinstituts bei der Herstellung von hochreinen Silizium-Monokristallen erzielten Ergebnisse werden beschrieben. Den Ausgangsstoff bildete metallurgisches Silizium.

Die Analogen für die Erzeugung der Siliziumbarren durch die Reduktion des Siliziumtetrachlorids mit Wasserstoff für die zonale Reinigung und das Wachstum der Monokristalle wird beschrieben.

DK 621.315.9 : 546.28 : 621.396.611.21.

Mircea A., Stoenescu M. : **Legierte Siliziumtransistoren.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 52 – 59

Es werden die Ergebnisse der Forschungsarbeiten dargelegt, die zur Entwicklung eines legierten Siliziumtransistors geführt haben. Vom Aquivalenzkreis des Transistors ausgehend, wird der Einfluss der geometrischen und physikalischen Parameter auf die elektrischen Kenndaten gezeigt und die Projektierungsmöglichkeiten eines Transistors erörtert.

DK 537.311.33 : 546.28 : 621.314.63.

Alper S. : **Leistungsventile mit Germanium und Silizium**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 60 – 72

Nach einer Darlegung der hauptsächlichen physikalischen *PN* und *PNS*-Funktionen wird die Ausführungsart der Struktur der Gleichrichter beschrieben und die Kenndaten erläutert, wonach der Aufbau der Gleichrichterzellen analysiert wird. Abschliessend werden die Perspektiven der Germanium-und Siliziumgleichrichter erörtert.

DK 621.315.59. 546.23 : 621.314.63.

Mozeș G., Lapedatu E., Zaharia C., Friedmann A., Arabian L., Radu O., Bartoș V., Dedulescu L. : **Neue Typen von Selen-Gleichrichterzellen**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 72 – 86

Die Vorteile der Selengleichrichter unter gewissen Spannungs- und Stromverhältnissen wird unterstrichen. Es werden kurz die Möglichkeiten zur Verbesserung der Leistungen und die Wege zur Entwicklung neuer Zellentypen erläutert.

Die Leistung dreier Zellen wird dargelegt, die vom Elektrotechnischen Forschungsinstitut entwickelt wurden. Einer dieser Typen wurde bereits in die Fabrikation aufgenommen, der zweite soll demnächst der Produktion übergeben werden.

DK 621.315.59 : 621.316.72.078.

Damasker D. : **Der vierschichtige Halbleiter und dessen Verwendung als Starkstromrichter**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 87 – 94

Es werden die typischen Kenndaten einiger solcher Halbleiter die konstruktiven Prinzipien und die Arbeitsweise angeführt. Anschliessend werden die wichtigsten angewendeten Schaltungen der Halbleiterdioden und die Umrichterschaltungen für Starkströme dargelegt. Für den Fall der Triode werden die Steuer-Schaltungen mit Bauelementen der Reglerschaltungen angeführt.

DK 621.314.63 :6.21.33?49.

Avramescu A : **Der Wirkungsgrad und die industriellen Verwendungen der Halbleiter-Leitungsgleichrichter**

Electrotehnica 10 (1962) 2-3, 95 – 108

Nach einem kurzen Hinweis auf die steigernde Bedeutung des Gleichstroms werden die Verluste und der Wirkungsgrad der Halbleiter-Gleichrichter behandelt und ein Vergleich mit anderen Gleichrichtertypen aufgestellt. Sodann werden die Schaltungen und charakteristischen Kenndaten der Halbleitergleichrichter angeführtdie beim Aufladen der Akkumulatorenbatterien, dem elektrischen Schweissen, in den Elektrolyse-und galvanotechnischenAnlagen und verschiedenen elektrischen Antriebsarten Verwendung finden.

ELECTRONIK
DOKUMENTATION

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI METALURGIEI ȘI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

Anul 10 nr. 2—3 București, februarie — martie 1962

MŰSZAKI KÖNYVTÁR OSZTÁLYOS 1883

Obținerea monocristalelor de siliciu de mare puritate

P. Roman, V. Rittenberg, B. Didiv și E. Bălănel * — București

Se examinează obținerea monocristalelor de siliciu de mare puritate destinate confecționării transistoarelor și redresoarelor.

Barele de siliciu se obțin prin reducerea triclorsilanului cu hidrogen pe filamente de tantal de formă specială.

Se discută principiile purificării zonare și se prezintă instalația de topire zonară sub vid construită la ICET.

Monocristalele sînt crescute atît prin metoda topirii zonare, cît și prin tragere din creuzet. Se discută pe scurt condițiile de creștere și distribuția impurităților din monocristalele trase din creuzet. Monocristalele de siliciu sînt de tip *p*, cu rezistivitatea cuprinsă între 30 și 300 Ωcm; cu ajutorul lor au fost confecționate modele experimentale de transistoare și redresoare.

621.315.592:669.782.002.2

CZ 537.311.33:546.28:621.315.59

Dezvoltarea în ultimii zece ani a tehnicii moderne legate de producerea materialelor semiconductoare și aliajelor speciale caracterizate prin folosirea materialelor foarte pure a făcut posibilă elaborarea diferitelor dispozitive semiconductoare cu multiple aplicații în industria electrotehnică și electronică.

Dacă pentru elaborarea aliajelor speciale sînt necesare metale de mare puritate, starea de cristalizare neprezentînd importanță, în cazul materialelor semiconductoare folosite în diferite dispozitive, se impune ca acestea să fie numai sub formă monocristalină. Astfel, în ultimii ani, au fost studiate și elaborate metode de obținere a monocristalelor de germaniu, siliciu, galiu-arsen, indiu-stibiu, indiu-fosfor, carbură de siliciu etc.

În cazul siliciului, monocristalele trebuie să se caracterizeze printr-o durată mare de viață a purtătorilor minoritari (20—1000 μs), o densitate mică de dislocații (pînă la 10^5 cm^{-2}), γ rezistivitate în funcție de dispozitiv, iar tipul de conductibilitate poate fi *n* sau *p*, în funcție de tehnologia aleasă. Pentru elaborarea redresoarelor de putere de 5—1 000 A și cu tensiuni inverse de 200—1 000 V se impune ca monocristalele de siliciu să aibă o rezistivitate de ordinul a 100—2 000 Ω cm și o durată de viață a purtătorilor minoritari de 100—1 000 μs. În cazul diodelor de uz general și al transistoarelor aliate se utilizează monocristale de siliciu de 1—100 Ω cm, în cazul celor difuzate, 50—300 Ω cm, iar în cazul diodelor Zener și tunel, al bateriilor solare și al detectoarelor de radiație, rezistivitatea trebuie să fie mult mai mică.

1. Obținerea barelor de siliciu

Literatura de specialitate [1—5] recomandă un număr variat de metode pentru obținerea siliciului pur în funcție de cerințele elaborării diferitelor dispozitive semiconductoare. Principalele metode care au găsit aplicații industriale pentru obținerea siliciului de mare puritate sînt:

1) reducerea tetraclorurii de siliciu cu zinc sau hidrogen;

2) reducerea triclorsilanului cu hidrogen;

3) descompunerea termică a monosilanului;

4) descompunerea termică a tetraiodurii de siliciu.

În laboratorul nostru s-au studiat primele trei metode [6—9] în diferite variante. Pe baza calității siliciului obținut cît și a prețului de cost al materialelor folosite, s-a stabilit reducerea triclorsilanului cu hidrogen; această metodă permite obținerea barelor de siliciu

* Colectiv ICET.

depuse pe filamente de tantal de construcție specială. Barele obținute se introduc în instalația de purificare zonară și se transformă în monocristale.

Principalele faze în obținerea barelor de siliciu sînt :

a) sinteza triclorsilanului ;
b) purificarea triclorsilanului ;
c) purificarea hidrogenului ;
d) obținerea barelor de siliciu prin descompunerea termică a triclorsilanului cu hidrogen.

a) *Sinteza triclorsilanului.* Triclorsilanul este un lichid cu punctul de fierbere 32°C, scăzut față de majoritatea impurităților (cu excepția BCl_3) și de aceea se purifică prin distilare. Diferiți cercetători [9—11] purifică triclorsilanul prin distilare pe coloană de cuarț la rații de reflux diferite, sau prin complexarea impurităților cu agenți chimici potriviți [12], [13]. Date recente [14] indică posibilitatea purificării avansate a triclorsilanului prin adsorbție pe alumină activată, silicagel etc.

b) *Purificarea triclorsilanului.* În prima fază a lucrărilor, pentru purificarea triclorsilanului s-a folosit o coloană de distilare de razoterm cu umplutură de cupru și cu o

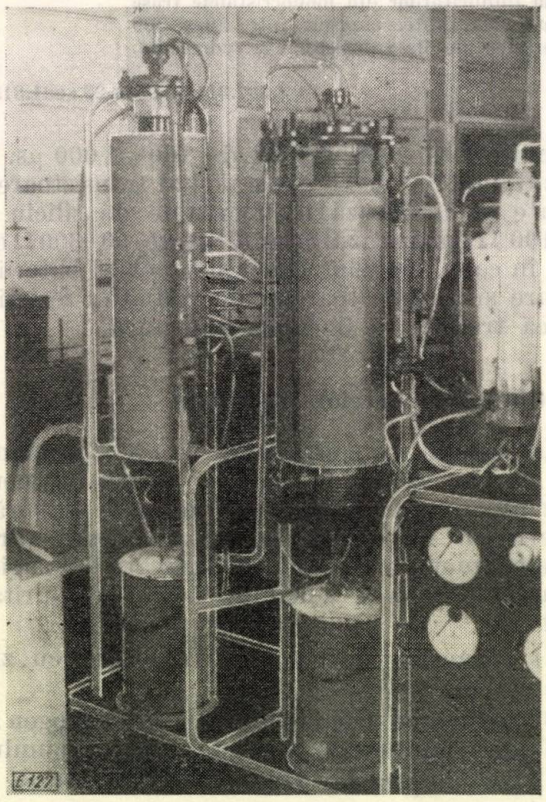


Fig. 1. Instalație pentru purificarea hidrogenului.

eficacitate de 35 talere teoretice, apoi o coloană de cuarț cu umplutură de molibden și în sfîrșit o coloană de adsorbție cu alumină activată sau silicagel. Din coloana de adsorbție, triclorsilanul picură direct în vasul care ulterior este folosit la antrenarea cu hidrogen a triclorsilanului în procesul de reducere.

c) *Purificarea hidrogenului.* Întrucît reacția de reducere a triclorsilanului necesită hidrogen deosebit de pur, în lipsa unui electrolizor de debit mare s-a folosit în experiențe hidrogen comprimat în butelii. În figura 1 este arătată fotografia purificatorului de hidrogen. Circuitul de purificare a hidrogenului se poate vedea în figura 2. Purificatorul asigură un debit de 1 000 l/h la o puritate (determinată colorimetric cu cupru) de sub 0,002 % volume oxigen.

d) *Obținerea barelor de siliciu.* În lucrările efectuate am urmărit posibilitatea obținerii barelor de siliciu prin depunere pe filamente de tantal de o construcție specială. Folosirea filamentelor de tantal duce la o simplificare esențială a îndepărtării tantalului din barele de siliciu prin corodare cu HF, față de procedeele utilizate în literatură [5], [15], unde se folosește sîrmă care poate fi îndepărtată numai prin secționarea barelor pe toată lungimea lor.

Instalația pentru obținerea barelor de siliciu împreună cu purificatorul de hidrogen și o parte din instalația de purificare este reprezentată schematic în figura 2. Fotografia instalației se poate vedea în figura 3. Hidrogenul din butelia *1*, destins printr-un reductor de presiune, intră într-un desprăfuitor *2* prevăzut cu bile de sticlă unse cu ulei de silicon și de aici într-un barbotor *3* cu MnO_4K pentru reținerea substanțelor organice, apoi în barbotorul *4* cu NaOH pentru reținerea CO_2, prin uscătorul *5* cu Cl_2Ca. Reținerea oxigenului se face în coloana *6* unde se găsește cupru depus pe diatomită și azbest paladat la 300°C. Apa rezultată în urma reținerii oxigenului condensează în capcana cu cărbune activ *7* răcită cu azot lichid. Hidrogenul intră în continuare în purificatorul de azot *8* care conține șpan de magneziu și granule de CaO la 400°C și trece în coloana *9* cu bile de sticlă unse cu ulei de silicon, pentru oprirea suspensiilor antrenate. Hidrogenul purificat se ramifică prin două rotametre *10* ; o parte trece în vasul de antrenare *11* a triclorsilanului, iar altă parte trece ca diluant în celula de reducere *12*. Excesul de hidrogen cu urme de triclorsilan nereduse trece prin cuptorul de siguranță *13*, prin vasele *14* răcite cu azot lichid pentru reținerea triclorsilanului și prin ventilul de siguranță *17*. Triclorsilanul purificat în coloana de distilare de cuarț *15* și coloana cu alumină activată *16*, picură în vasul de antrenare *11*.

În figura 4 e te arătată celula de descompunere. Reacția probabilă de descompunere este :

$$2HSiCl_3 + H_2 = Si + SiCl_4 + 2HCl$$

pe filamentul de tantal menținut la 1050—1100°C se depune un depozit de siliciu, obținîndu-se bare cu un diametru de 10—14 mm

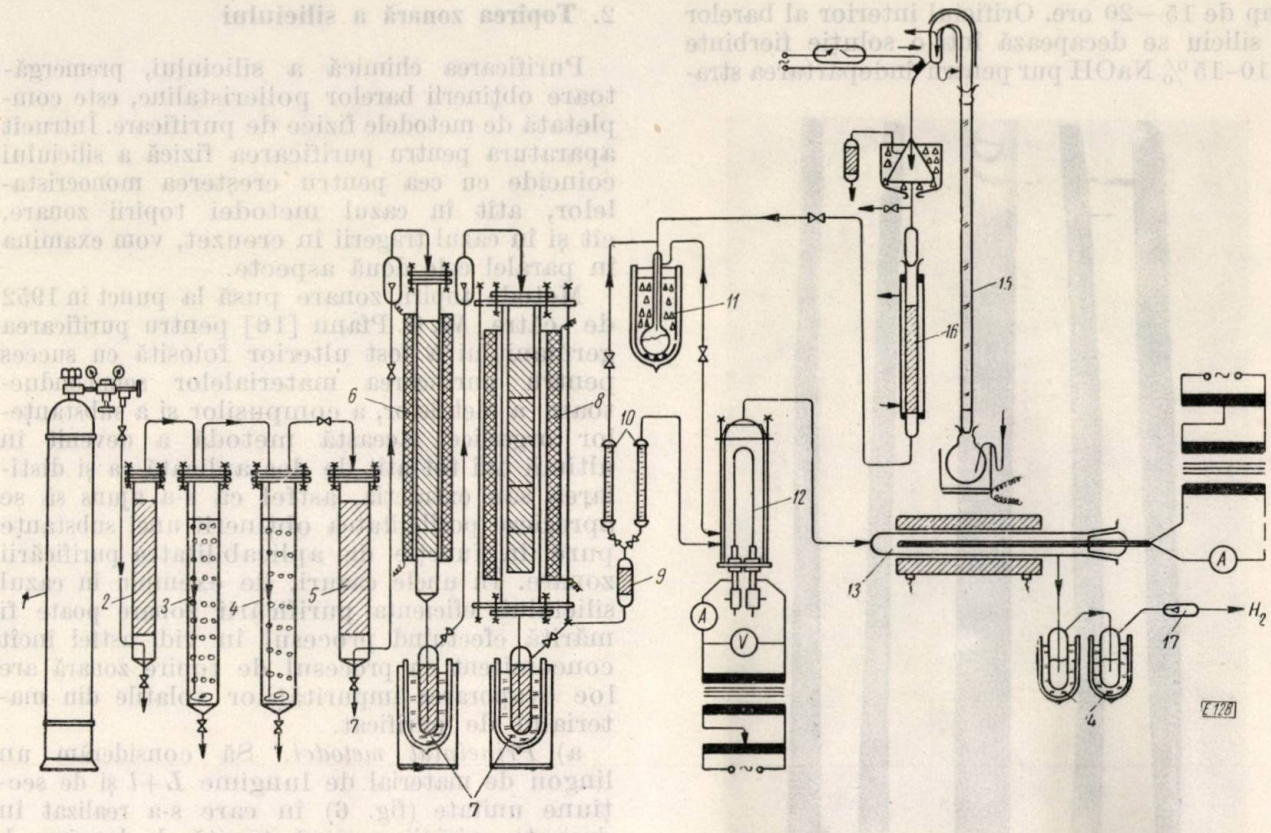


Fig. 2. Reprezentarea schematică a instalațiilor de purificare a hidrogenului și de obținere a barelor de siliciu:
1 — butelie de hidrogen; *2* — despărțuitor; *3* — barbotor cu MnO_4; *4* — barbotor cu NaOH; *5* — uscător; *6* — purificator pentru reținerea oxigenului; *7* — capcană; *8* — purificator pentru reținerea azotului; *9* — despărțuitor; *10* — rotametre; *11* — vas de antrenare; *12* — celulă de reducere; *13* — cuptor de siguranță; *14* — capcană; *15* — coloană de distilare; *16* — coloană cu alumină activată; *17* — ventil de siguranță.

și cu o lungime de 300—400 mm, așa cum se pot vedea în figura 5. Randamentul de descompunere este de 30—50%, cu o productivitate de 6—10 g Si/h.

Barele de siliciu se introduc apoi într-un tub de polietilenă cu acid fluorhidric 40% pentru îndepărtarea filamentului de tantal,

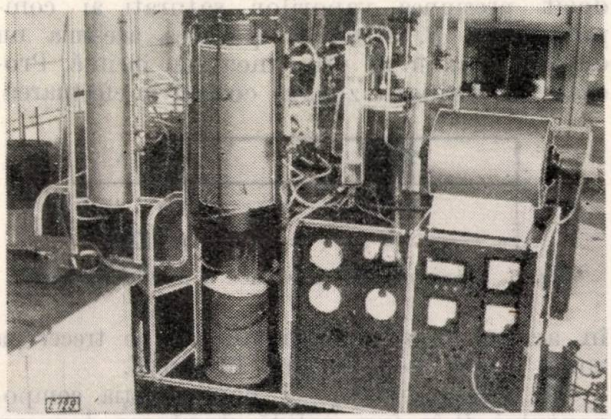


Fig. 3. Fotografia instalației de obținere a barelor de siliciu împreună cu instalația de purificare a hidrogenului.

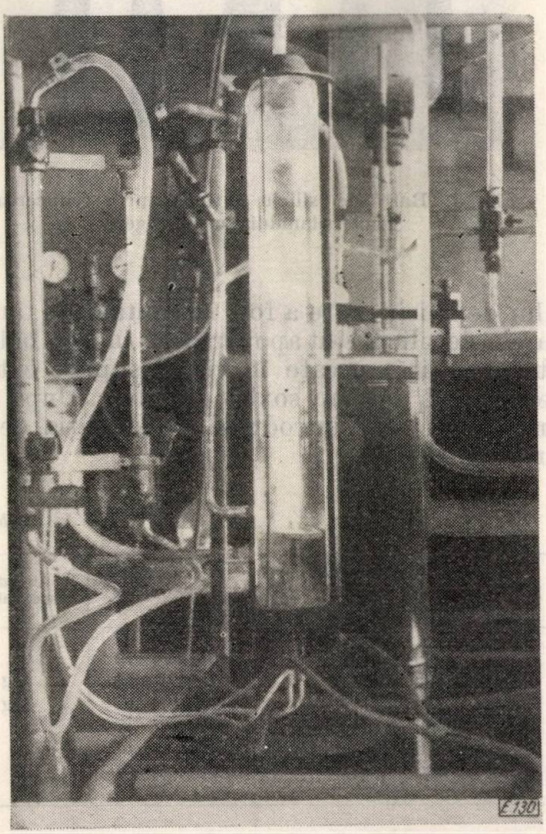


Fig. 4. Celulă de descompunere.

timp de 15–20 ore. Orificiul interior al barelor de siliciu se decapează într-o soluție fierbinte de 10–15% NaOH pur pentru îndepărtarea stra-

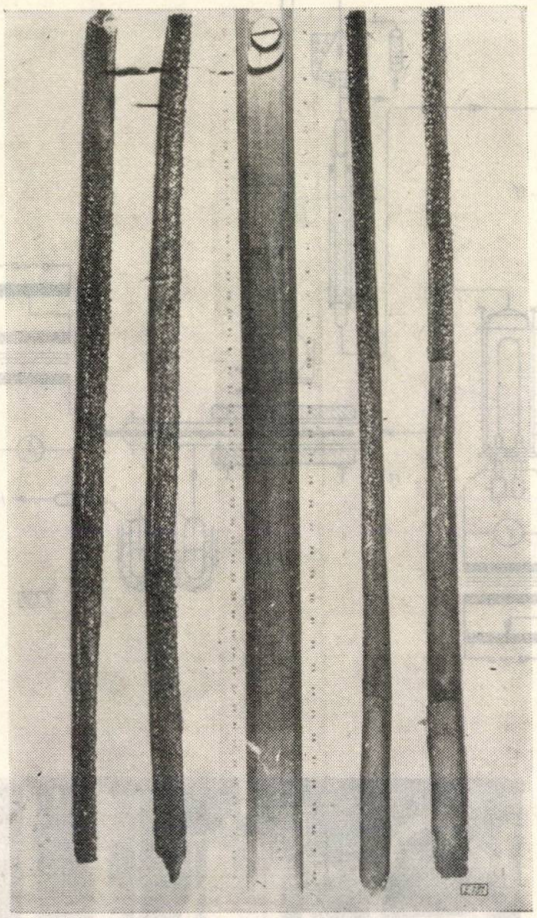


Fig. 5. Bare de siliciu obținute prin reducerea triclorsilanului cu hidrogen.

tului de siliciu, care a fost în contact cu tantal. Barele de siliciu sînt apoi spălate în apă bidistilată clocotită, uscate în vid și supuse extracției cu CCl_4 într-un soxlet de cuarț. După spălare, barele sînt introduse în instalația de topire zonară.

Tabela 1

Nr.	Siliciu obținut			Randament, %	Analiză spectrală
	g	∅ mm	l mm		
1	90	8–9	300	39	Cu
2	115	11	320	35	Mg
3	85	8–10	300	42	Mg
4	160	10–15	370	37	—
5	170	11–14	370	37	—
6	120	11–13	320	42	—

În tabela 1 sînt prezentate rezultatele experiențelor efectuate.

2. Topirea zonară a siliciului

Purificarea chimică a siliciului, premergătoare obținerii barelor policristaline, este completată de metodele fizice de purificare. Întrucît aparatura pentru purificarea fizică a siliciului coincide cu cea pentru creșterea monocristalelor, atît în cazul metodei topirii zonare, cît și în cazul tragerii în creuzet, vom examina în paralel cele două aspecte.

Metoda topirii zonare pusă la punct în 1952 de către W. G. Pfann [16] pentru purificarea germaniului a fost ulterior folosită cu succes pentru purificarea materialelor semiconductoare a metalelor, a compușilor și a substanțelor organice. Această metodă a devenit în ultimii ani tot atît de des aplicată ca și distilarea sau extracția, astfel că s-a ajuns să se aprecieze posibilitatea obținerii unei substanțe pure în funcție de aplicabilitatea purificării zonare. În unele cazuri, de exemplu în cazul siliciului, eficiența purificării zonare poate fi mărită efectuînd procesul în vid, astfel încît concomitent cu procesul de topire zonară are loc evaporarea impurităților volatile din materialul de purificat.

a) *Principiul metodei.* Să considerăm un lingou de material de lungime $L+l$ și de secțiune unitate (fig. 6) în care s-a realizat în dreapta originii o zonă topită de lungime l. Vom presupune că această zonă se deplasează cu viteza v de la stînga spre dreapta. După ce zona a ajuns în dreptul punctului de abscisă L, se micșorează încălzirea astfel încît topitura rămasă în regiunea $L \leqslant x \leqslant L+l$ se răcește în bloc; vom numi acest proces o trecere a zonei topite de-a lungul lingoului.

Materialul din care este confecționat lingoul conține doi componenți: A (solvent sau material de purificat) și B (soluție sau impuritate), concentrația primului depășind cu cîteva ordine de mărime concentrația celui de-al doilea, astfel încît se pot aplica legile soluțiilor diluate. Presiunea din incinta în care se desfășoară procesul de topire zonară este mult mai mică decît presiunea vaporilor saturați ai componentului B, astfel evaporarea acestuia nu depinde practic de presiunea din incintă. Procesul de purificare zonară constă în efectuarea,

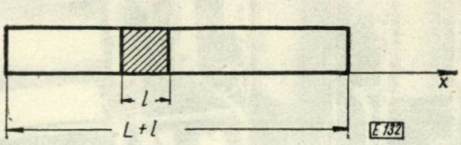


Fig. 6. Reprezentarea schematică a purificării zonale.

în același sens, a unui număr de treceri a zonei topite de-a lungul lingoului.

Să notăm prin $C_n(x)$ concentrația componentului B în faza solidă după cea de-a n-a trecere și prin $C_n^l(x)$ concentrația aceluiași component în zona topită ajunsă la dreapta

punctului de abscisă x. La deplasarea cu o lungime dx a zonei topite, o cantitate egală cu $C_n(x)\,dx$ din componentul B trece în faza solidă, în timp ce o cantitate $C_{n-1}(x+l)\,dx$ intră în topitură.

În același timp din zonă se evaporă o cantitate [17], [18]

$$C_n^l(x)\frac{AE}{W}\,dt, \tag{1}$$

unde:

A este suprafața zonei topite;
E — constanta de evaporare;
W — greutatea zonei topite;
dt — intervalul de timp necesar parcurgerii distanței dx.

Variația componentului B din zona topită are valoarea:

$$d(l\,C_n^l(x)) = C_{n-1}(x+l)\,dx - C_n(x)\,dx - C_n^l(x)\frac{AE}{W}\,dt. \tag{2}$$

Notînd:

$$\frac{AE}{W} = k_1, \tag{3}$$

ecuația (2) devine:

$$\frac{d\,C_n^l(x)}{dx} = \frac{1}{l}\left[C_{n-1}(x+l) - C_n(x)\right] - \frac{k_1}{vl}C_n^l(x). \tag{4}$$

La concentrații mici se admite simpla proporționalitate între concentrația componentului B din regiunea solidificată și cea din topitură:

$$C_n(x) = k\,C_n^l(x). \tag{5}$$

Coeficientul de proporționalitate k se numește coeficient de segregație și joacă un rol esențial

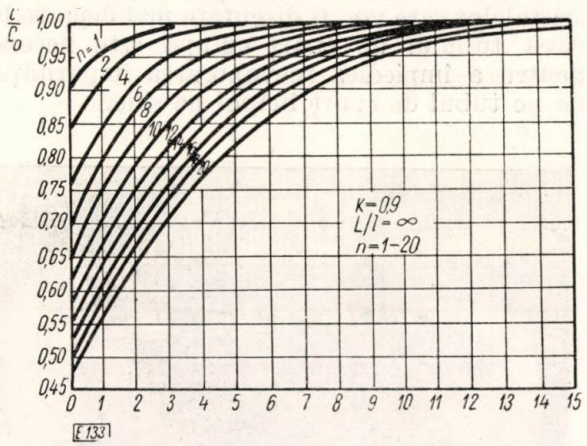


Fig. 7. Distribuția teoretică a borului în siliciu.

în procesul de purificare zonară. Este evident că cu cît coeficientul de segregație este mai mic decît unitatea, cu atît concentrația componentului B în porțiunea inițială a lingoului este mai mică, impuritățile mutîndu-se spre dreapta lingoului.

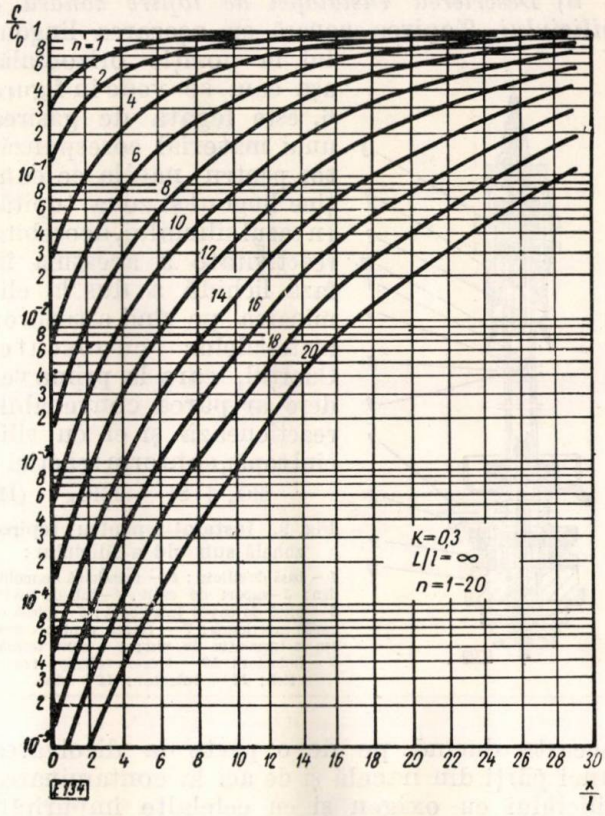


Fig. 8. Distribuția teoretică a fosforului în siliciu.

Să revenim la studiul cineticii procesului de purificare zonară. Introducînd expresia (5) în ecuația (4) găsim:

$$\frac{dC_n(x)}{dx} = \frac{k}{l}\left[C_{n-1}(x+l) - C_n(x)\right] - \frac{k_1}{vl}C_n(x). \tag{6}$$

Ecuația (6) este valabilă în domeniul $0 \leqslant x \leqslant L$ în care are loc deplasarea zonei topite; în domeniul $L \leqslant x \leqslant L+l$ unde topitura se solidifică în bloc, avem evident:

$$C_n(x) = \frac{1}{k}C_n(L)\,e^{-k_1\tau_2}, \tag{7}$$

unde τ_2 reprezintă durata necesară solidificării ultimei zone.

Ecuațiile (6) și (7) sînt completate de condiția inițială

$$C_0(x) = f(x) \tag{8}$$

și de condiția la limită

$$C_n(0) = \frac{ke^{-k_1\tau_2}}{l}\int_0^l C_{n-1}(x)\,dx, \tag{9}$$

unde τ_1 reprezintă durata necesară formării primei zone.

Integrarea ecuațiilor (6) și (7) a fost efectuată pe cale analitică de către Braun [19], în ipotezele simplificatoare:

$$C_0(x) = \text{constant};\quad k_1 = 0 \tag{10}$$

și de către unul dintre autori, în cazul general pe cale analogică [20]. În figurile 7 și 8 sînt

prezentate distribuțiile teoretice ale borului și fosforului în siliciu.

b) *Descrierea instalației de topire zonară a siliciului.* Topirea zonară cu așezarea lingoului în poziție orizontală, așa cum se vede în figura 6, este legată de găsirea unui material corespunzător pentru nacela ce conține lingoul și zona topită. În cazul siliciului, deosebita reactivitate a acestuia în fază lichidă a dus la eliminarea pe rînd a tuturor materialelor cunoscute. Cuarțul, care la prima vedere ar părea convenabil, reacționează și el cu siliciul topit, conform reacției:

$$SiO_2 + Si \rightarrow 2SiO, \quad (11)$$

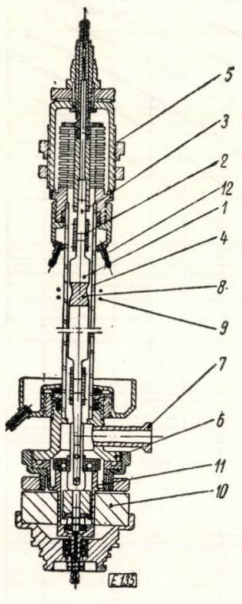


Fig. 9. Instalație pentru topirea zonală sub vid a siliciului: *1* — bară de siliciu; *2* — mandrină de molibden; *3* — suport de călit; *4* — tub de cuarț; *5* — piesă de capăt inferioară; *6* — piesă de capăt superioară; *7* — flanșe pentru cuplarea la instalația de vid; *8* — zonă topită; *9* — inductor; *10* — trecere rotativă magnetică; *11* — colector; *12* — ștuț.

aceasta ducînd pe de o parte la dizolvarea unei părți din nacelă și de aci la contaminarea siliciului cu oxigen și cu celelalte impurități din cuarț, iar pe de altă parte la aderarea siliciului de nacelă la solidificare, aceasta determinînd spargerea nacelei și a lingoului. Deși în ultimul timp au fost confecționate nacele din cuarț cu pereți subțiri se preferă topirea zonară verticală fără creuzet [21].

Instalația de topire zonară fără creuzet construită la ICET a fost comunicată anterior [22], așa că ne vom mărgini la o descriere sumară a ei (fig. 9). O bară de siliciu *1* dispusă vertical este prinsă de două mandrine de molibden *2* atașate de cîte un suport de călit *3*. Suportul de călit inferior este terminat printr-un con, ceea ce permite scoaterea cu ușurință a barei din instalație. Bara de siliciu se găsește într-o incintă de vid formată dintr-un tub de cuarț *4* și două piese de capăt *5* și *6*, cuplajul la instalația de vid realizîndu-se cu ajutorul flanșei *7*. Zona topită *8* se realizează prin încălzire prin inducție cu ajutorul bobinei *9* cuplate la un generator de radiofrecvență lucrînd pe 4 MHz. Zona topită se menține între cele două porțiuni solide ale barei, datorită tensiunii superficiale. Deplasarea bobinei se realizează cu ajutorul unui mecanism de translație care nu este figurat. Piesa de capăt inferioară este prevăzută cu o trecere rotativă magnetică *10* care permite rotirea porțiunii de bară de sub zona topită. Siliciul depus prin evaporare din zona topită pe peretele interior al tubului de cuarț se desprinde sub formă de firicele care se adună în colectorul *11*. Instalația este prevăzută cu posibilitatea răcirii tubului de cuarț cu apă prin ștuțul *12*. În vederea ajustării formei zonei, piesa de capăt superioară este prevăzută cu o trecere longitudinală cu burduf care permite deplasarea axială a porțiunii de bară de deasupra zonei topite.

Vom discuta acum cîteva din caracteristicile instalației de topire zonară a siliciului.

Forma barei. Eficiența economică a topirii zonare a siliciului este legată de dimensiunea barelor de prelucrat. Lungimea barelor este limitată numai de dimensiunea instalației; în instalația descrisă se purifică bare de 300 mm. Diametrul barelor este determinat de stabilitatea zonei topite. În principiu, zona este stabilă la orice diametru, dacă lungimea zonei nu depășește 15 mm [23]; în practică însă, topirea unei zone cu astfel de lungime este posibilă numai dacă diametrul barei nu depășește 20 mm [24]. În ultimul timp, trecîndu-se la frecvențe de lucru mai joase (500 kHz) și la inductoare de forme speciale, s-a putut mări diametrul barelor pînă la 25 mm. Cu ajutorul instalației descrise mai sus au fost zonate în bune condiții bare pînă la 16 mm diametru. În figura 10 se poate vedea un monocristal obținut cu ajutorul acestei instalații.

Atmosfera protectoare. Instalația de topire zonară construită în laboratorul nostru permite topirea zonară a siliciului în vid. Folosirea hidrogenului sau a gazelor inerte este legată de o purificare foarte avansată a acestora și împiedică în bună parte evaporarea impurităților. Lucrul în vid prezintă însă dificultăți legate de depunerea de siliciu pe tubul de cuarț și de aici la pierderea vizibilității zonei și la anumite dificultăți în obținerea monocristalelor care vor fi discutate mai departe. Răcirea tubului de cuarț cu apă este necesară pentru a împiedica reevaporarea impurităților de pe tubul de cuarț înapoi pe siliciu.

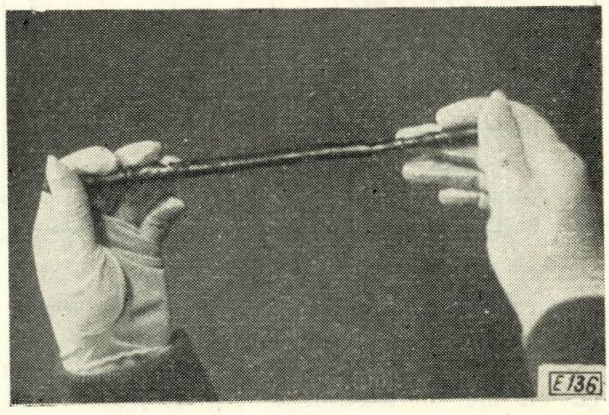


Fig. 10. Monocristal de siliciu obținut prin topire zonală.

Viteza de translație a zonei este determinată de stabilirea condițiilor termice care să asigure pe de o parte o formă convenabilă a zonei, iar pe de altă parte, în cazul creșterii monocristalului, perfecțiunea acestuia. S-a ales experimental $v = 1$ mm/min.

Viteza de rotire. Rotirea porțiunii inferioare a barei de siliciu este necesară pentru îndreptarea barelor de siliciu de forme neregulate și pentru omogenizarea topiturii. Pentru îndreptarea barelor am folosit o viteză de 10 rot/min. În procesul de creștere a monocristalului nu am mai rotit porțiunea de bară inferioară, întrucît aceasta duce la înrăutățirea perfecțiunii monocristalului.

c) *Purificarea zonară a siliciului. Rezultate experimentale.* Înainte de a discuta rezultatele experiențelor efectuate în purificarea zonară a siliciului vom preciza modul de apreciere a purității siliciului. Întrucît concentrația impurităților este cu cîteva ordine de mărime sub limita de detecție a metodelor obișnuite de analiză chimică, radiochimică sau spectrografică, pentru aprecierea ei se folosesc proprietățile fizice ale siliciului, care depind de concentrația și natura impurităților: rezistivitatea, constanta Hall, semnul forței termoelectromotoare, durata de viață a purtătorilor minoritari etc. În experiențele noastre am folosit pentru determinarea tipului de conductibilitate semnul forței termoelectromotoare; diferența dintre numărul de donori și de acceptori a fost determinată din valoarea rezistivității și a constantei Hall la temperatura camerei, iar concentrația impurităților care dau centre de recombinare a fost apreciată din mărimea duratei de viață.

Eficiența purificării zonare a siliciului a fost verificată în mod sistematic; vom da ca exemplu rezultatele purificării zonare a unei bare de siliciu de gradul II*. În figura 11 se arată distribuția rezistivității după 1,2,3,4, 8 și 11 treceri ale zonei topite. Monocristalul a fost de tip p. Se observă că între prima și a doua trecere există un salt de rezistivitate.

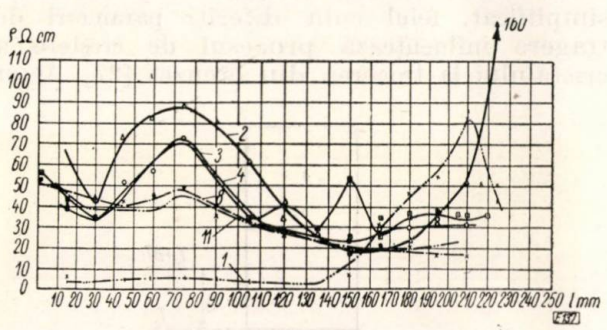


Fig. 11. Distribuția rezistivității dintr-un monocristal de siliciu de gradul II după 1, 2, 3, 4, 8 și 11 treceri.

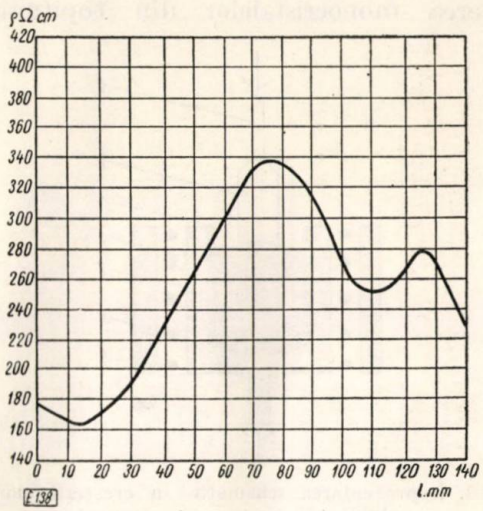


Fig. 12. Distribuția rezistivității dintr-un monocristal de siliciu de gradul I după 4 treceri.

Acest salt se datorește eliminării unei impurități acceptoare cu un coeficient mic de segregație (probabil aluminiu). După a doua trecere se observă existența unui maxim de rezistivitate la o depărtare de 75 mm de capătul lingoului; acest maxim se datorește distribuției inițiale neuniforme a impurităților din lingou. După alte nouă treceri, acest maxim dispare, distribuția rezistivității fiind tipică pentru un monocristal de siliciu ce conține bor. Durata de viață a purtătorilor minoritari a fost de 15—30 μs. Distribuția rezistivității dintr-un monocristal de siliciu de gradul I după patru treceri se poate vedea în figura 12. Aceste patru treceri au fost făcute de noi pentru a aprecia calitatea siliciului.

d) *Creșterea monocristalelor de siliciu.* În scopul creșterii monocristalului, în porțiunea inferioară a barei se fixează o sămînță monocristalină (germene) de orientare dorită. Pornind deplasarea zonei din dreptul germenului, restul barei urmează orientarea germenului. În cazul topirii zonare sub vid, creșterea monocristalului este împiedicată de firicelele de siliciu care se desprind din depozitul de siliciu depus prin evaporare pe tubul de cuarț al incintei de vid; aceste firicele ajung pe frontul de solidificare și duc la apariția unor centre de cristalizare care împiedică formarea monocristalelor. Pentru a împiedica formarea firicelelor, tubul de caurț a fost șlefuit în interior pentru a obține o depunere aderentă de siliciu pe el. Pe această cale s-a ajuns să se obțină sistematic transformarea întregii bare în monocristal dintr-o singură trecere a zonei topite.

* Înțelegem prin siliciu de gradul II siliciul cu o rezistivitate medie de 1—50 Ω cm. Monocristalele cu astfel de rezistivitate se pot folosi la fabricarea transistoarelor aliate și a diodelor de uz general. Monocristalele de siliciu de gradul I (rezistivitate medie peste 100 Ω cm) sînt potrivite pentru fabricarea redresoarelor, transistoarelor de tip Meza etc.

3. Creșterea monocristalelor de siliciu prin metoda tragerii din creuzet

a) *Principiul metodei.* Pentru o înțelegere deplină a metodei și problemelor legate de creșterea monocristalelor din topitură prin

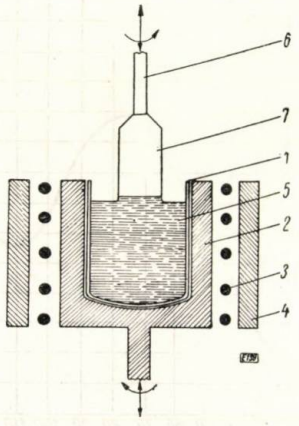


Fig. 13. Reprezentarea schematică a creșterii monocristalului prin tragere din creuzet:
1 – creuzet; *2* – suport de grafit; *3* – încălzitor; *4* – ecrane; *5* – siliciu topit; *6* – germene; *7* – monocristal crescut.

tragere din creuzet [25], [26], vom descrie la început în amănunțime metodica de lucru folosită la efectuarea acestui proces, care este ilustrată schematic în figura 13.

Siliciul obținut după purificarea chimică sub formă de granule sau blocuri se introduce într-un creuzet confecționat din cuarț *1* susținut de un suport de grafit *2*. Cu ajutorul unui element de încălzire cu rezistență sau al unui inductor *3* se ridică temperatura siliciului peste 1420°C, realizîndu-se topirea lui.

Sistemul de ecrane *4* și suportul de grafit *2* prin forma lor constructivă asigură realizarea unei simetrii cilindrice cît mai perfectă a cîmpului de temperatură din topitură *5*. Menționăm că întregul proces se efectuează în vid sau în atmosferă protectoare de hidrogen, argon sau heliu purificat.

După o anumită durată de supraîncălzire a topiturii care asigură topirea rapidă a siliciului și totodată înlesnește eliminarea eventualelor impurități volatile în topitură, se coboară temperatura pînă ce apar primele centre de cristalizare pe suprafața topiturii. În acel moment se mărește puțin puterea debitată elementului de încălzire, pînă cînd aceste centre se retopesc și în felul acesta se obține la suprafața topiturii o ușoară supraîncălzire peste temperatura de topire.

După aducerea topiturii în această stare se coboară lent în topitură așa-numitul „germene" *6* care este confecționat dintr-un monocristal de siliciu sub formă de bară subțire, avînd o orientare cristalografică după dorință. În momentul realizării contactului dintre germene și topitură se oprește coborîrea lui. După cîteva minute se pornește procesul propriu-zis de tragere, cînd germenului i se imprimă o mișcare în sus cu o viteză cuprinsă între 0,3 și 2,5 mm/min. Între germene și suprafața topiturii se formează o coloană de siliciu topit care se ridică din topitură pînă la nivelul unde temperatura este apropiată de punctul de cristalizare.

Structura monocristalină a germenului determină solidificarea ordonată a siliciului topit din imediata vecinătate a frontierei dintre faza solidă și faza lichidă, obținîndu-se astfel un monocristal.

În baza celor arătate mai sus, este necesar să se sublinieze în mod deosebit importanța efectuării corecte a proceselor legate de începerea tragerii. Înainte de realizarea contactului germen-topitură, suprafața siliciului topit trebuie să fie lipsită de zgură sau alte particule care ar putea constitui centre suplimentare de cristalizare. După realizarea contactului nu trebuie să producă nici o cristalizare pe germene, atît timp cît nu i se imprimă deplasarea pe verticală în sus. Apariția centrelor suplimentare de cristalizare în afara germenului determină creșterea unui policristal.

Pentru obținerea unui diametru dorit la viitorul cristal, viteza de tragere și regimul termic se reglează în mod corespunzător, încît să favorizeze o creștere a diametrului de la cel al germenului la diametrul dorit (7), după care păstrînd acești parametri constanți creșterea se continuă la un diametru constant. În momentul consumării aproape a întregii cantități de siliciu topit, se realizează un regim care să determine descreșterea diametrului, pentru a se evita aderarea cristalului de fundul hemisferic al creuzetului. În felul acesta se reușește, de obicei, extragerea din creuzet a întregii cantități de siliciu topit.

În cele ce urmează vom arăta, pe un model simplificat, felul cum diferiți parametri de tragere influențează procesul de creștere a cristalului la tragerea din creuzet [27]. Acest

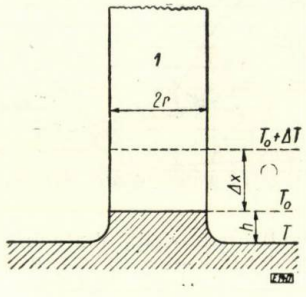


Fig. 14. Reprezentare schematică a interfazei solid-lichid.

model este aplicabil la analiza creșterii de monocristale din orice alt material.

În figura 14 se reprezintă configurația care apare la creșterea cristalului din topitură.

Între suprafața topiturii *2* care are o temperatură T mai mare ca temperatura de cristalizare a siliciului și cristalul deja crescut *1* a cărui rază o notăm prin r, există o coloană de topitură de siliciu de înălțime h, planul de contact între topitură și cristal, numit interfază solid-lichid, aflîndu-se la o temperatură T_0 egală cu temperatura de cristalizare a siliciului (1420°C). Menținerea acestei coloane este asigurată de forțele de tensiune superficială care echilibrează greutatea ei.

Efectuînd bilanțul termic în regiunea de contact cristal-topitură, se obține următoarea relație :

$$\frac{K_l \cdot \rho_e \cdot g\,(T - T_0)}{2\chi} \cdot r + L \cdot \rho_e \cdot v = K_s \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}, \quad (12)$$

unde :

K_l, K_s reprezintă conductibilitatea termică a siliciului lichid și respectiv solid ;
ρ_e — densitatea siliciului topit ;
g — accelerația gravitației ;
χ — tensiunea superficială a siliciului topit ;
L — căldura de cristalizare a siliciului, care se degajă în urma trecerii siliciului din faza lichidă în faza solidă ;
v — viteza de tragere a cristalului ;
$\frac{\Delta T}{\Delta x}$ — gradientul de temperatură în cristalul crescut în vecinătatea frontului de cristalizare (figura 14).

Presupunînd că prin cristalul deja crescut se asigură un transfer de căldură constant, din relația (12) se observă că raza lui este invers proporțională cu mărimea $T - T_0$ care măsoară supraîncălzirea suprafeței topiturii peste temperatura de cristalizare ; dacă se realizează și o supraîncălzire constantă în timpul tragerii, atunci diametrul cristalului scade liniar odată cu creșterea vitezei. În sfîrșit, dacă $T - T_0$, $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ și v sînt menținuți constanți, creșterea se produce la diametru constant.

Realizarea unei viteze constante de tragere nu constituie o problemă grea. Menținerea unui gradient de temperatură constant în monocristalul crescut se realizează prin folosirea unor ecrane suplimentare sau a unor elemente suplimentare de încălzire. Pentru a se asigura un diametru constant cu o precizie de 10% supraîncălzirea trebuie păstrată cu aceeași precizie, ceea ce duce la necesitatea unui reglaj al puterii debitate pentru încălzire cu o precizie de 1%, după cum rezultă din calculele numerice efectuate în baza relației de mai sus.

Viteza de tragere este limitată de o valoare maximă ce nu poate fi depășită și peste care se produce desprinderea cristalului de topitură, ca urmare a degajării sporite de căldură de cristalizare. De exemplu pentru un monocristal de siliciu cu diametrul de 20 mm, $v_{max} = 6{,}5$ mm/min. În practică, indiferent de diametrul cristalului, viteza de tragere variază într-o gamă cuprinsă între 0,5 și 2,5 mm/min. Aceasta, pentru a se evita fenomenul de suprarăcire locală asupra căruia nu vom insista și care determină pierderea structurii cristaline.

b) *Efectul de purificare la tragerea din creuzet.* Ca și la procesul de topire zonară și în cazul tragerii din creuzet, la interfaza solid-lichid are loc un efect de segregație a impurităților, determinat de forma diagramelor de echilibru al sistemelor binare siliciu-impuritate și care este măsurat prin valoarea coeficientului de segregație k.

După cum $k > 1$ sau $k < 1$ se obține o acumulare de impurități în porțiunea inițială sau respectiv finală a lingoului monocristalin crescut. Valoarea lui k diferă de cea care ar corespunde unei diagrame de echilibru, întrucît în procesul de creștere, în imediata apropiere a frontului de cristalizare, există o acumulare de impurități la o concentrație mai ridicată față de masa topiturii. În funcție de gradul de amestec al topiturii și de viteza de tragere, valoarea lui k este mai apropiată sau mai depărtată de valoarea de echilibru k_0.

În vederea asigurării unor condiții de purificare cît mai apropiate de cele ideale, pentru obținerea unei eficacități maxime și a unei bune reproductibilități, în tehnica creșterii monocristalelor de siliciu se imprimă mișcări de rotație atît creuzetului, cît și cristalului în jurul axelor lor. Această rotire permite de asemenea omogenizarea concentrației de impurități și totodată contribuie la realizarea simetriei cilindrice a cîmpului de temperatură.

Notînd prin g raportul dintre greutatea porțiunii inițiale a lingoului pînă la un nivel dat și greutatea totală a cristalului, distribuția impurităților în el este descrisă de relația [16] :

$$C = k \cdot C_0 \cdot (1 - g)^{k-1}, \quad (13)$$

unde :

C este concentrația de impurități la acest nivel ;
C_0 — concentrația inițială a impurităților din topitură ;
k — coeficientul de segregație.

În figura 15 sînt reprezentate grafic curbele teoretice de purificare pentru tragerea din creuzet, pentru diferite valori ale coeficientului de segregație.

În cazul lipsei amestecului topiturii, efectul de purificare este slăbit din motivele care s-au arătat mai sus.

Concomitent cu procesul de purificare prin efect de segregație, la tragerea în vid are loc și o purificare suplimentară care se datorește

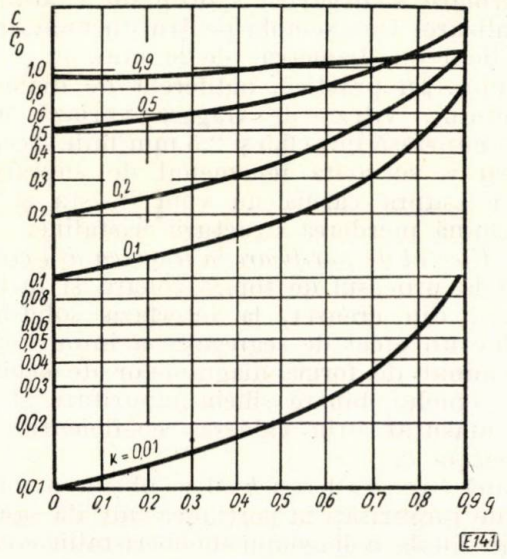


Fig. 15. Curbe teoretice de purificare la tragerea din creuzet pentru diferite valori ale coeficientului de segregație.

evaporării unor anumite impurități volatile care se află în siliciu. Pentru arsen și stibiu această evaporare este extrem de puternică, obținîndu-se înjumătățirea cantității de impurități din topitură în mai puțin de 5 și respectiv 0,5 min. [17].

Din păcate, un alt fenomen limitează foarte mult folosirea acestei metode pentru obținerea de monocristale de foarte mare rezistivitate. Este vorba de fenomenul de reacție dintre siliciul topit și creuzetul de cuarț care duce la impurificarea siliciului cu impuritățile conținute în pereții creuzetului, fenomen despre care s-a vorbit în capitolul 2. De aceea se acordă o deosebită atenție confecționării de creuzete din cuarț de cea mai mare puritate. Totodată se urmărește să se efectueze procesul de tragere într-un timp cît mai scurt posibil, pentru a reduce acest efect.

c) *Descrierea instalației pentru creșterea monocristalelor de siliciu folosită la ICET și rezultate experimentale.* Pentru creșterea monocristalelor de siliciu prin metoda tragerii din creuzet, la Institutul de cercetări electrotehnice se utilizează o instalație adaptată pentru tragerea sub vid a unor șarje de siliciu cu greutatea pînă la 150 g. Detaliile constructive ale camerei de tragere sînt expuse în figura 16.

Creuzetul din cuarț care conține topitura este introdus într-un suport de grafit cilindric *1* susținut pe un cap conic de grafit *2*, care se prelungește cu o tijă metalică de susținere ce asigură și rotirea și deplasarea pe verticală a creuzetului *3*. Deplasarea pe verticală a creuzetului permite menținerea suprafeței topiturii la același nivel față de elementul de încălzire, asigurînd astfel constanța parametrului $T-T_0$ despre care s-a vorbit anterior. Un termocuplu Pt-PtRh *4* este introdus în această tijă, sudura lui aflîndu-se în interiorul capului conic *2*, asigurînd măsurarea temperaturii în vecinătatea fundului creuzetului. Elementul de încălzire este format dintr-o spirală de grafit *5* alimentată printr-un transformator de curent la o putere maximă de 7kW.

Pentru asigurarea caracteristicilor pe care trebuie să le posede cîmpul de temperatură din topitură, camera este prevăzută cu un sistem de ecrane, după cum urmează: două ecrane orizontale din cuarțgut *6* între care se află patru ecrane cilindrice verticale, două din cuarțgut *7* și două din molibden *8*. Ecranul din cuarț *9*, a cărui formă se vede în figură, favorizează reducerea valorii gradientului de temperatură de-a lungul cristalului crescut și constanța sa.

Germenele *10* este susținut și ghidat de tija *12* confecționată din oțel inoxidabil prin intermediul mandrinei de molibden *11*. Sistemul de antrenare a tijei permite deplasarea pe verticala germenului și rotirea lui.

Pereții camerei de tragere au o formă cilindrică și sînt executați din oțel. O ușă asigură accesul în interiorul camerei de tragere. Pentru urmărirea procesului de creștere, camera este prevăzută cu un vizor din sticlă termorezistentă *13*. Un sistem de țevi de cupru *15* lipite pe pereții camerei asigură răcirea acestora, avînd

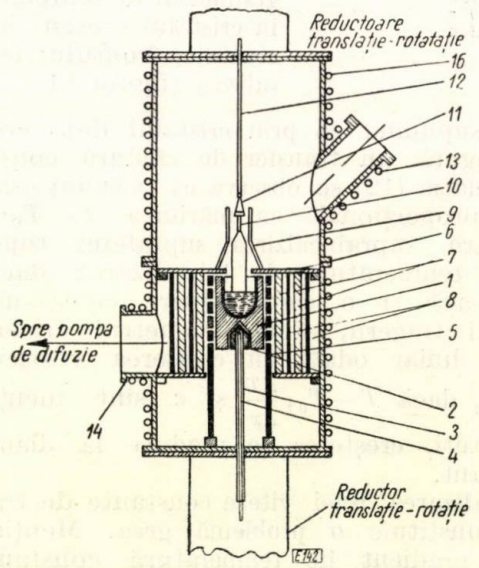


Fig. 16. Instalație pentru creșterea monocristalelor de siliciu prin tragere din creuzet:

1 — suport de grafit; *2* — capul suportului de grafit; *3* — creuzet; *4* — termocuplu; *5* — spirală de grafit; *6* — ecrane orizontale de cuarțgut; *7* — ecrane verticale de cuarțgut; *8* — ecrane de molibden; *9* — ecran de cuarț; *10* — germene; *11* — mandrină de molibden; *12* — tijă; *13* — vizor; *14* — flanșă de racordare la instalația de vid; *15* — țeavă de cupru pentru răcire.

în vedere temperatura înaltă de lucru. De asemenea, camera este prevăzută cu un orificiu de racordare cu sistemul de evacuare *14*.

Agregatul de vid permite realizarea unei presiuni în cameră de 10^{-5} torr, cu o viteză de evacuare de 600 l/s.

Reglarea puterii debitate elementului de încălzire se realizează manual cu ajutorul a două variace, unul de reglaj brut și altul de reglaj fin.

Procedeul de tragere utilizat de noi urmează îndeaproape metodica descrisă la punctul a) al acestui paragraf. Viteza de tragere a cristalului variază între 0,3 și 1,3 mm/min, iar creuzetului i se imprimă o mișcare de rotație cu o viteză de 20 rot/min. Germenele de obicei nu este rotit. În cazurile cînd și el se rotește, viteza sa de rotație este de 10 rot/min în sens contrar rotirii creuzetului.

În cele ce urmează, vom prezenta unele rezultate obținute la ICET în domeniul obținerii de monocristale prin tragere din creuzet.

În general au fost supuse acestui proces șarje de siliciu cu greutatea cuprinsă între 55—80 g, reușindu-se aproape sistematic extragerea întregii topituri din creuzet. În figura 17 se prezintă fotografia a cinci monocristale de siliciu crescute în laboratorul nostru.

Lungimea lor este de 100—110 mm, diametrul variind între 25 și 18 mm. Forma conică din porțiunea finală asigură extragerea întregii topituri.

Prin efectuarea corectă a creșterii în porțiunea de trecere de la diametrul germenului care este de 5—6 mm la diametrul cristalului și ulterior a întregului proces, s-a reușit pe rînd eliminarea tuturor defectelor macroscopice de structură care pot să apară la un monocristal crescut prin această metodă.

Direcția cristalografică după care sau crescut aceste monocristale a fost fie [111], fie [100], prima orientare fiind mai frecvent folosită din motive legate de elaborarea dispozitivelor cu siliciu, unde această direcție este preferată de obicei.

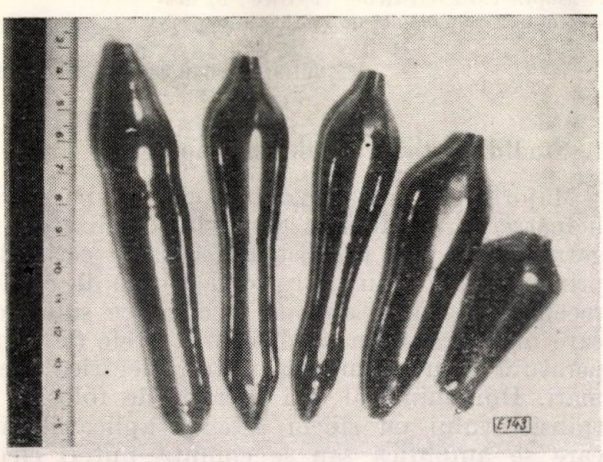


Fig. 17. Monocristale de siliciu obținunte prin tragere din creuzet.

Gama de valori între care se situează în general rezistivitatea acestor monocristale, folosindu-se ca materie primă siliciul purificat

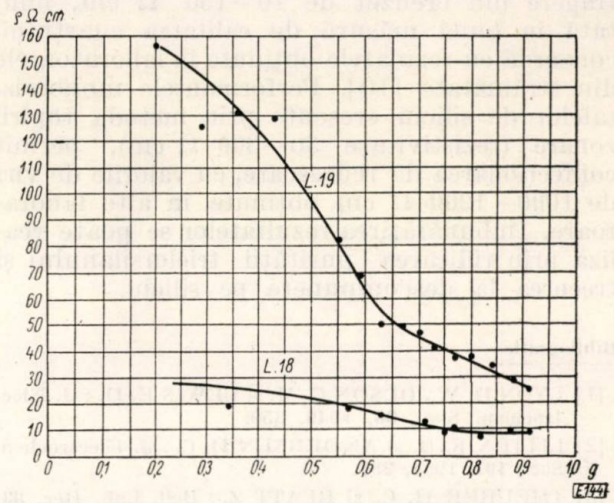


Fig. 18. Distribuția rezistivității în monocristale de siliciu obținute prin tragere din creuzet.

chimic la ICET, este cuprinsă între 10 și 150 Ω cm, rezistivității de 100 Ω cm corespunzîndu-i o concentrație de impurități de aproximativ 10^{13} atomi/cm^3 sau o puritate de 10^{-7}%.

După cum s-a arătat la punctul b) al acestui paragraf, creuzetul care intră în reacție cu siliciul duce la un efect de impurificare care limitează posibilitățile de a obține rezistivități mai ridicate.

Dăm mai jos, în figura 18, două diagrame ce prezintă variația tipică a rezistivității pe lungimea lingoului monocristalin. După cum se vede din aceste grafice, porțiunea inițială are rezistivitatea maximă și ea scade cu distanța, atingînd valoarea minimă în porțiunea finală a cristalului, ceea ce este în concordanță cu cele expuse la punctul b).

Menționăm de asemenea că în cazuri excepționale s-au obținut monocristale avînd regiuni a căror rezistivitate depășea valoarea de 1 000 Ω cm. De data aceasta însă, variația rezistivității de-a lungul cristalului nu mai era în concordanță cu cea prevăzută de teorie. Explicația acestor situații constă în faptul că în cursul procesului de tragere se produce un efect de compensare a impurităților de tip opus, care se poate datora atît creuzetului, cît și anumitor deficiențe ivite la pregătirea șarjei de materie primă.

Concluzii

Prin descompunerea termică a triclorsilanului purificat prin distilare și prin adsorbție pe alumină activată, au fost obținute bare de siliciu care pot fi introduse nemijlocit fie în instalația de topire zonară, fie în cea pentru

creșterea monocristalului prin tragere din creuzet.

Rezistivitatea monocristalelor obținute prin tragere din creuzet de 10—150 Ω cm, limitată în bună măsură de calitatea cuarțului, concordă cu rezulatele obținute în laboratoarele din străinătate [10]. Performanțele monocristalelor de siliciu crescute prin metoda topirii zonare (rezistivitate 30—300 Ω cm), permit confecționarea de redresoare, cu valorile de vîrf de 1000—1200 Ω cm obținute în alte laboratoare. Îmbunătățirea rezultatelor se poate realiza prin ridicarea purității triclorsilanului și trecerea la descompunere pe siliciu.

Bibliografie

[1] LYON D. W., OLSON C. M. și LEWIS E. D. : J. Electrochem. Soc., **96**, 1949, 359.

[2] LITTON F. B. și ANDERSEN H. C. : J. Electrochem Soc., **101**, 1954, 287.

[3] THEURER H. C. și BLATT Z. : Bell. Lab. Rec. **33**, 1955, 327.

[4] RUBIN B. : Chem. Engng. News, **34**, 1956, 5907.

[5] VAN DER LINDEN P. C și DE JOMGE J. : Recuil, **78**, 1959, 962.

[6] FUGARU C., MOZES GH. și GRIGOROVICI E. : Raport tehnic, ICET, 1958.

[7] MOZES GH., ROMAN P., FUGARU C. și NICOLAU FL. : Raport tehnic, ICET, 1959.

[8] ROMAN P. și MOZES GH. : Ref. Chim. **8**, 1960, 464.

[9] NICOLAU FL. și MOZES GH. : Ref. Chim. : **8**, 1960, 468.

[10] ALIKBEROV S. și SKLOVER L. P. : J.N.H., **3**, 1960, 513.

[11] WIEKE E. și SEIDEL W. : Chem. Ing. Techn., **32**, 1960, 51.

[12] ALIKBEROV S. și SKLOVER L. P. : J.F.H., **4**, 1960, 935.

[13] ROSENBERG C. : Patent R.F.G., 955415, 3 ian., 1957.

[14] THEURER H. C. : J. Electrochem. Soc., **107**, 1960, 29.

[15] WILSON J. M. : XI, 1959, 91.

[16] PFANN W. G. : Trans. A.I.M.M.E., **197**, 1952, 747.

[17] BRADSHAW S. E. și MLAVSKI A. J. : J. Electronics, **2**, 1956, 134.

[18] SAȘKOV I. M. : Metallurgia poluprovodnikov. Metalurphizdat, Moscova, 1960.

[19] BRAUN I. : Brit. Appl. Phys **8**, 1957.456.

[20] NACHMAN K. și RITTENBERG V. : Bibl. Anal. rom.-sov., Seria tehnică 77—78, pag. 115.

[21] KECK P. H. : Phisica **20**, 1954, 1059.

[22] NACHMAN K. și TUDOSIE H. : Comunicare la prima consfătuire „Semiconductorii și aplicațiile lor", București, 1959.

[23] HEYWANG W. : Zsf. Naturfsch, **1a**, 1956, 238.

[24] SILVERMAN S. J. : J. Electrochem, Soc. **108**, 1961, 585.

[25] PETROV D. A. și ZEMSKOV V. S. : Rost kristallov, A.N., S.S.S.R., 1957, 262.

[26] MITRENIN B. P., BURDIAȘVILI M. S., SAMBA N. A., VOLKOV V. P., KOVÎRZIN V. K. și SOLOVIOV L. K. : Voprosî metalurghii ifiziki poluprovodnikov, Izd. A.N., S.S.S.R., 1957, 23.

[27] POHL R. G. : J. Appl. Phys., **25**, 1954, 668.

Transistoare cu siliciu, aliate

Andrei Mircea, Maria Stoenescu* — București

Lucrarea cuprinde : a) o expunere a criteriilor de proiectare a unui transistor, bazate pe studiul influenței parametrilor electrici și fizici asupra caracteristicilor electrice ; b) descrierea caracteristicilor transistorului realizat ; c) prezentarea tehnologiei de fabricație experimentală a acestuia.

CZ 621.315.9 : 546.28 : 621.396.611.21

Dispozitivele semiconductoare au început să fie folosite în ultimii ani și în țara noastră, pentru rezolvarea unor probleme de tehnică nouă din domeniul electronicii industriale, automatizării și acționărilor electrice.

În aplicațiile realizate pînă în prezent de institutele tehnice romînești (printre care și Institutul de cercetări electrotehnice), s-au folosit aproape exclusiv diodele și transistoarele cu germaniu.

* Ing. A. MIRCEA este fizician la uzinele „Electronica" iar M. STOENESCU este fizician la ICET.

1. Stadiul actual al tehnicii mondiale

Majoritatea transistoarelor produse pe scară industrială în diferite țări sînt realizate cu germaniu. Aceste transistoare satisfac cerințele principale ale industriei producătoare de radioreceptoare și alte aparate electronice similare, care nu lucrează în condiții prea grele de temperatură și nu comportă puteri electrice prea mari. Domeniul cel mai potrivit de folosire a transistorului cu siliciu este în aplicațiile în care se amplifică sau se comută puteri electrice importante, de ordinul sutelor și miilor de wați. Avantajul principal al transistoarelor

cu siliciu în aceste aplicații constă în posibilitatea de a lucra la temperaturi mai înalte (150—200°C), deci și de a disipa puteri electrice mai mari la dimensiuni egale cu cele ale transistoarelor cu germaniu. O aplicație largă au transistoarele cu siliciu și în amplificatoare de curent continuu, unde se folosește avantajos proprietatea lor de a avea curenți de repaus foarte mici.

În prezent există în fabricația curentă transistoare cu siliciu de putere mică (0,1—0,2 W), mijlocie (0,2 — 2 W) și mare (2 — 100 W și mai mult). Curenții de colector variază, după putere, de la 10 mA pînă la 5 A, iar tensiunile maxime ating 200—300 V, valori care nu ar fi putut fi obținute la transistoarele cu germaniu.

Procedeul de fabricare a trecerilor *p-n* emiter-bază și colector-bază joacă un rol important în stabilirea ordinului de mărime a parametrilor electrici. Practic au căpătat răspîndire trei procedee principale: 1) prin tragere; 2) prin difuzie; 3) prin aliere.

Procedeul prin tragere cu diferitele sale variante (topire superficială, topire retrogradă) este cel mai puțin răspîndit, deși există mari firme producătoare (General Electric — S.U.A.) care s-au concentrat pe o producție bazată exclusiv pe acest procedeu. Avantajele principale ale metodei sînt complexitatea mai mică a procesului tehnologic, în comparație cu alte metode, și posibilitatea de realizare a unor serii mari de transistoare cu dispersie foarte mică a caracteristicilor.

Din punct de vedere electric, transistoarele realizate prin tragere au proprietăți intermediare, în ceea ce privește atît limita de putere, cît și cea de frecvență, între tipurile aliate și cele difuzate.

Neajunsul principal al procedeului prin tragere este flexibilitatea relativ limitată a proiectării diferiților parametri, rezultat al faptului că întreaga structură se realizează într-un proces unic.

Procedeul prin aliere este cel mai răspîndit, atît în forma sa de bază cît și combinat cu tehnica barierei de suprafață sau cu difuzia. Procesul tehnologic este mai complicat decît cel precedent, dar mai simplu decît cel necesar pentru realizarea transistoarelor difuzate. În stadiul actual, principalele calități ale metodei sînt: permite realizarea transistoarelor de putere mare, în special a unor tensiuni maxime de colector foarte ridicate care nu au putut fi atinse cu alte procedee; permite o mare flexibilitate în proiectare.

Neajunsul principal al metodei constă în limita de frecvență relativ joasă a funcționării trasistoarelor aliate, în comparație cu cele trase și mai ales cele difuzate.

Procedeul prin difuzie. Transistoarele difuzate întrunesc un număr de proprietăți superioare în comparație cu celelalte. Principalele calități realizate practic pînă în prezent sînt extinderea frecvenței de lucru a transistoarelor pînă la sute de MHz și flexibilitatea extremă a proiectării.

Neajunsurile metodei constau în complexitatea relativ mare a procesului tehnologic, ceea ce duce la mărirea costului dispozitivului; la transistoarele de putere, rezistența de saturație a colectorului este considerabil mai mare decît la tipurile aliate. Acest parametru prezintă o deosebită importanță în schemele de comutație.

În concluzie se poate afirma că nici una din metodele descrise nu permite satisfacerea completă a tuturor cerințelor impuse. Procedeele tehnice compuse (în special cele de aliere-difuzie) rezolvă cel mai bine în prezent problema optimizării caracteristicilor, fiind însă relativ complicate și scumpe.

2. Amplificarea de putere în transistoare și criterii de proiectare

Circuitul electric echivalent simplificat al unui transistor cu joncțiuni aliate este reprezentat în figura 1. C_c este capacitatea regiunii de sarcină spațială a colectorului; $r_e - C_e$ este impedanța de difuzie a emiterului; r'_B constă în principal din rezistența distribuită a regiunii bazei transistorului; α este factorul de amplificare în curent. Toți parametrii menționați depind în mod apreciabil de valoarea tensiunilor și a curenților aplicați. Cît privește dependența de frecvență a acestor parametri, în mod aproximativ se poate considera că numai α depinde de frecvență, după legea:

$$\alpha \approx \alpha_0 \frac{1}{1 + j\frac{f}{f_\alpha}}, \qquad (1)$$

unde parametrul f_α este așa-numita frecvență de tăiere a transistorului.

În mod obișnuit, transistoarele, mai ales cele de putere, se folosesc în conectarea emiter comun. Amplificarea de curent în această co-

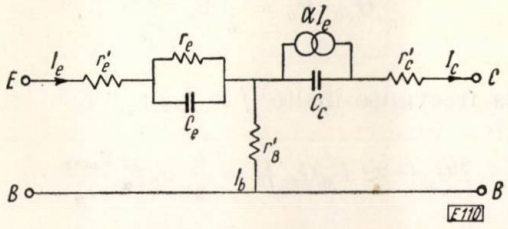


Fig. 1. Schema echivalentă a transistorului.

nectare se poate deduce din figura 1 și este dată de următoarea relație:

$$G_i = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0} \cdot \frac{1}{1 - \frac{f^2}{f_\beta (f_\alpha + f_\beta)} + j\frac{f}{f_\beta}} \approx \frac{\beta_0}{1 + j\frac{f}{f_\beta}}, \qquad (2)$$

unde :

$$\beta_0 \equiv \frac{\alpha_0}{1-\alpha_0}; \quad f_s = \frac{1}{2\pi R_s C_c};$$

$$f_\beta = (1-\alpha_0)\frac{f_\alpha f_s}{f_\alpha + f_s}.$$

De regulă, rezistența de sarcină R_s are valori relativ mici, încît $f_s > f_\alpha$. În acest caz se poate presupune $f_\beta \simeq (1-\alpha_0) f_\alpha$. Cu această aproximație căpătăm atunci următoarea expresie pentru amplificarea de putere în transistor :

$$G_p = \left(\frac{\alpha}{1-\alpha_0}\right)^2 \cdot \frac{R_s}{r'_B}, \qquad (3)$$

unde s-a neglijat efectul grupului $r_e - C_e$ a cărui impedanță este invers proporțională cu curentul emiterului și deci mică la curenții mari utilizați în amplificatoarele de putere.

Puterea utilă la ieșirea transistorului este limitată de puterea disipată maximă admisibilă pe de o parte, iar pe de altă parte de tensiunea de colector maxim admisibilă. Primul factor — puterea disipată — este determinat în principal de tehnologia capsulării transistorului. Al doilea factor este legat în mod direct de structura internă semiconductoare a transistorului (pe scurt : structura de transistor). Pentru amplificarea în clasa A sau B, puterea maximă de ieșire este :

$$P_0 = \frac{1}{8}\frac{V^2_{max}}{R_s}, \qquad (4)$$

relație care limitează valoarea lui R_s dacă se urmărește o anumită putere utilă.

Folosind relațiile de mai sus se obțin următoarele „cifre de merit" caracteristice pentru structura de transistor :

La frecvențe joase :

$$G_{p0} \cdot P_0 = \frac{1}{8}\beta_0^2 \frac{V^2_{max}}{r'_B}; \qquad (5)$$

iar la frecvențe înalte ($f > f_\beta$) :

$$PG_p f^2 \approx P_0 G_{p0} f_\beta^2 = \frac{1}{8}\alpha_0 f_\alpha^2 \frac{V_{max}}{r'_B}. \qquad (6)$$

Formulele (5) și (6) constituie o bază pentru proiectarea transistoarelor, în vederea obținerii amplificării maxime de putere, compatibilă cu o putere de ieșire și cu o bandă de frecvențe date. Mărimile β_0, f_α și V^2_{max}/r'_B pot servi ca parametri de control principali ai calității unui tip de transistor.

3. Influența diferiților parametri tehnologici asupra caracteristicilor electrice ale transistorului

În cele ce urmează ne vom limita la discutarea unei structuri cu simetrie cilindrică, avînd joncțiunile realizate prin aliere. O secțiune centrală printr-o asemenea structură este reprezentată în figura 2.

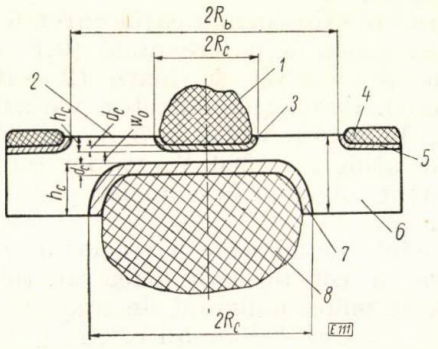


Fig. 2. Secțiune printr-un transistor cu joncțiuni aliate.

În discuție trebuie luați în considerație parametrii geometrici pe de o parte și proprietățile fizice ale diferitelor regiuni semiconductoare pe de altă parte.

A. *Geometria.* Dimensiunea care influențează cel mai puternic calitățile electrice ale transistorului este *grosimea bazei* w_0. Presupunînd o alegere optimă a rezistivității bazei ρ_b, s-a arătat [1] că ambele cifre de merit [5] și [6] sînt proporționale cu inversul pătratului grosimii bazei. Dacă ținem seamă de faptul că scăderea factorului de amplificare cu curentul de colector, în regiunea curenților mari (fig. 3), este cu atît mai puternică cu cît grosimea bazei este mai mare [2], rezultă că o valoare cît mai mică a acesteia este de dorit nu numai la transistoarele de înaltă frecvență, ci și la cele de joasă frecvență, dacă se urmărește amplificarea de putere.

Adîncimile de pătrundere h_e, h_c joacă de asemenea un rol apreciabil în determinarea performanțelor transistorului. O valoare mare a lui h_e duce la scăderea factorului de amplificare, întrucît curentul care curge prin suprafața laterală a emiterului nu ajunge la colector. Acest efect este deosebit de pronunțat la curenți mari, cînd are loc o concentrare a curentului de emiter pe periferia acestuia [3]. Prin urmare, dimensiunea h_e trebuie să fie cît mai redusă. Pe de altă parte, micșorarea lui h_e duce la mărirea rezistenței bazei r'_B, ceea ce constituie un fenomen nedorit. Aceste considerații, precum și factorul realizabilității tehnologice determină o valoare de compromis pentru h_e.

Dimensiunea h_c este teoretic mai puțin importantă și este determinată de considerente tehnologice.

Dimensiunile radiale R_e, R_c, R_b afectează parametrii electrici ai transistorului pe următoarele căi: factorul de amplificare α are valoarea maximă pentru o valoare de aproximativ 1,4 a raportului R_c/R_e; rapoartele R_c/R_e, R_b/R_c influențează rezistența bazei, aceasta fiind cu atît mai mică cu cît cele două rapoarte sînt mai apropiate de unitate.

Cei doi factori enumerați determină valoarea relativă a dimensiunilor radiale. Valoarea lor absolută este condiționată în primul rînd de puterea electrică trecută prin transistor. În afară de aceasta trebuie să se mai țină seamă de două efecte: mărirea dimensiunilor radiale ale transistorului duce la creșterea factorului de amplificare a acestuia, dacă dimensiunile longitudinale w_0, h_e, h_c rămîn fixe; mărirea dimensiunilor radiale duce la mărirea capacităților transistorului și deci la înrăutățirea caracteristicii de frecvență a acestuia.

În proiectare se caută realizarea unui compromis convenabil între aceste tendințe contradictorii.

B. *Parametrii fizici.* Aceștia sînt următorii: rezistivitatea semiconductorului în regiunea bazei, ρ_b; durata de viață a purtătorilor de sarcină în bază, τ_b; rezistivitatea emiterului, ρ_e; durata de viață a purtătorilor de sarcină minoritari în emiter, τ_e; rezistivitatea colectorului, ρ_c; durata de viață a purtătorilor de sarcină minoritari în colector, τ_c; viteza de recombinare superficială a purtătorilor de sarcină, s.

Rezistivitatea bazei, ρ_b, influențează mai ales asupra tensiunii de străpungere (colector-bază și colector-emiter) a transistorului pe de o parte, și asupra rezistenței bazei pe de altă parte. Pentru o grosime a bazei dată există o valoare optimă a rezistivității bazei care asigură valoarea maximă a raportului V^2_{max}/r'_B. Această valoare optimă este aproximativ proporțională cu grosimea bazei w_0.

Durata de viață în bază, τ_b, nu influențează practic proprietățile transistorului *la curenți mici*, cu condiția ca să nu scadă sub o valoare minimă de 5 ... 10 μs. La curenți mari însă, suprafața eficace a emiterului devine proporțională cu $\sqrt{\tau_b}$; de aceea este foarte important, la transistoarele de putere, ca τ_b să fie cît mai mare.

Parametrii ρ_e, τ_e influențează asupra variației factorului de amplificare cu curentul colectorului. Pentru ca α să fie cît mai constant, trebuie ca raportul τ_e/ρ_e să fie cît mai mare.

Parametrii ρ_c, τ_c nu au o influență marcată asupra performanțelor electrice ale transistorului, cu condiția ca $\rho_c \ll \rho_b$.

Viteza de recombinare superficială s influențează valoarea factorului de amplificare. Prin diferite procedee chimice se caută ca s să aibă o valoare cît mai mică. Menționăm că proprietățile fizico-chimice ale suprafeței libere influențează și asupra tensiunii de străpungere a transistorului. Aceste proprietăți sînt susceptibile de variații mari în timpul funcționării transistorului, dacă nu se iau măsuri speciale de stabilizare a suprafeței.

4. Model experimental de transistor

Considerațiile expuse în capitolul 3 au fost exploatate cantitativ într-un proiect de transistor aliat de tip *n-p-n* cu siliciu. A rezultat un model ai cărui parametri geometrici și fizici sînt arătați în tabela 1.

Tabela 1

Parametrii tehnologici ai modelului experimental de transistor

Parametrul	Denumirea parametrului	Valoarea nominală	Toleranța
t	grosimea pastilei de siliciu	0,08 mm	± 0,01 mm
h_e	adîncimea de pătrundere a emiterului	0,02 mm	± 0,005 mm
w_0	grosimea bazei	0,015 mm	± 0,01 mm
$2R_e$	diametrul emiterului	0,5 mm	− 0,1 mm
$2R_c$	diametrul colectorului	1 mm	± 0,05 mm
$2R_b$	diametrul contactului bazei	1 mm	+ 0,2 mm
ρ_b	rezistivitatea bazei	15 Ω cm	± 5 Ω cm
τ_b	durata de viață a electronilor în bază	3 μs	min. 1 μs
s	viteza de recombinare superficială a electronilor	3 000 cm²/s	max. 10 000 cm²/s
ρ_e	rezistivitatea emiterului	0,05 Ω cm	max. 0,1 Ω cm
τ_e	durata de viață a golurilor în emiter	0,1 μs	min. 0,01 μs

Toleranţele admise în tabelă reflectă pe de o parte variaţii în proprietăţile materialului semiconductor, în bună parte necontrolabile, pe de altă parte variaţii în dimensiunile geometrice, inerente procesului tehnologic.

În tabela 2 sînt arătate principalele caracteristici electrice măsurate ale modelului experimental de transistor. Pentru comparaţie, s-au inclus valorile corespunzătoare antecalculate. Concordanţa între experienţă şi calcul este satisfăcătoare. Se observă fluctuaţiile factorului de amplificare şi ale tensiunii de străpungere, datorate în cea mai mare parte controlului insuficient al stării suprafeţei transistorului.

Tabela 2

Principalele caracteristici electrice ale modelului experimental de transistor

Parametrul	Valoarea calculată (nominală)	Valoarea măsurată
Factorul de amplificare β_0	20	3—100
Tensiunea de străpungere colector-emiter	60 V	20—60 V
Rezistenţa bazei	1 000 Ω	1 000—1 500Ω
Frecvenţa de tăiere	4 MHz	2,5—3,5 MHz
Capacitatea colectorului	26 pF ($U_{CB} = 10$ V)	26 pF
Puterea disipată (T=25°C)	200 mW	200 mW

În figura 3 reproducem variaţia factorului de amplificare în curent continuu, în conectarea emiter comun, calculată şi măsurată experimental. Şi aici concordanţa este satisfăcătoare.

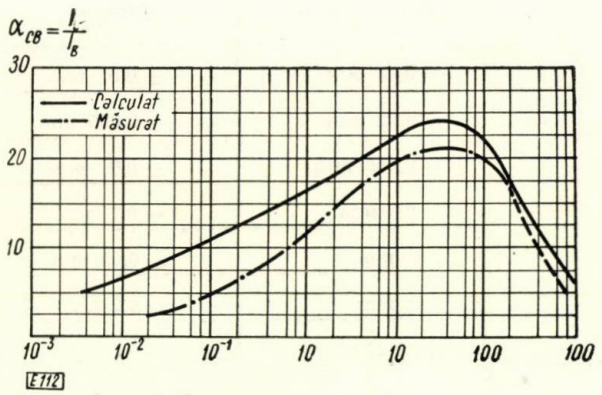


Fig. 3. Variaţia factorului de amplificare în curent, în funcţie de curentul colectorului determinat experimental.

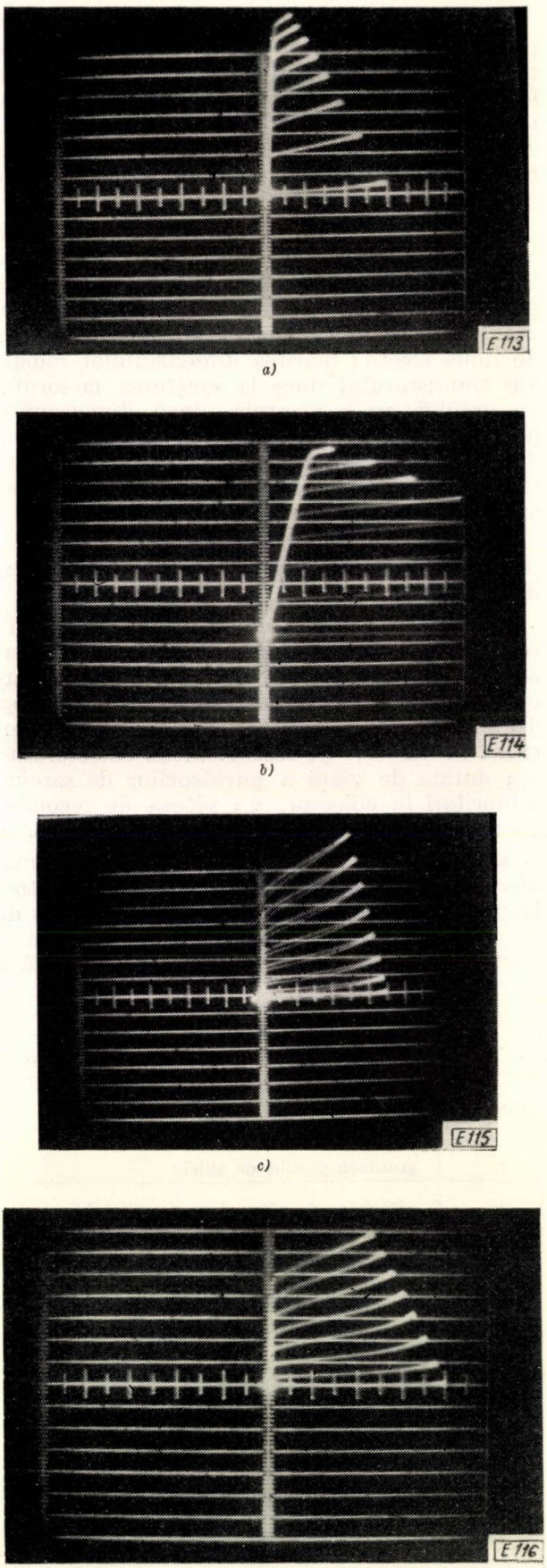
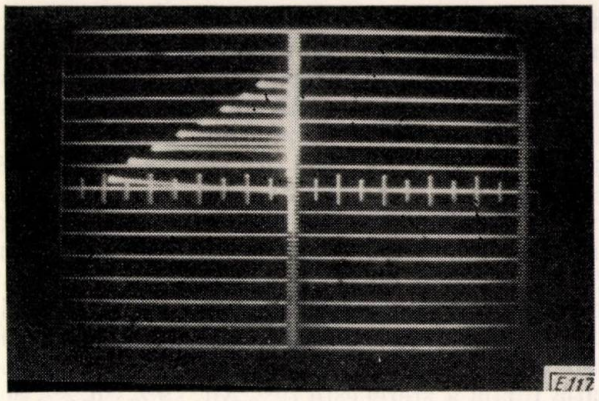
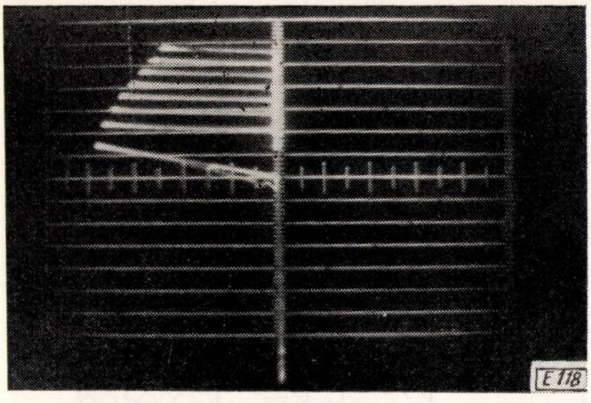


Fig. 4. Caracteristici statice $i_c = f(U_{CE})$, parametru i_B.



a)



b)

Fig. 5. Caracteristici statice în regiunea de saturaţie a colectorului.

De remarcat este scăderea factorului de amplificare la curenţi mici de colector, fenomen caracteristic transistoarelor cu siliciu [4]. În regiunea curenţilor mari, variaţia este mai rapidă decît cea calculată, fapt care se explică

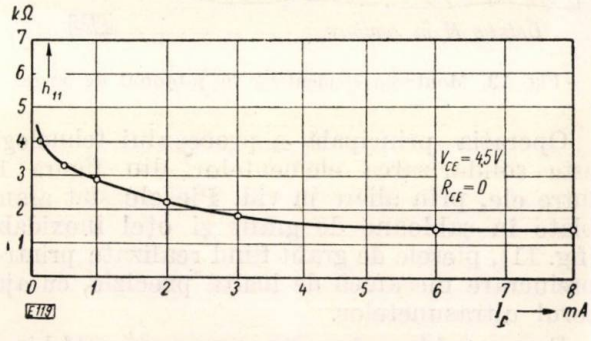


Fig. 6. Variaţia rezistenţei de intrare cu curentul de colector.

prin efectul de concentrare a injecţiei de purtători la periferia emiterului, efect care a fost neglijat în calculul teoretic.

În figurile 4—9 sînt reprezentate cîteva dintre caracteristicile statice şi de semnal mic ale transistoarelor realizate.

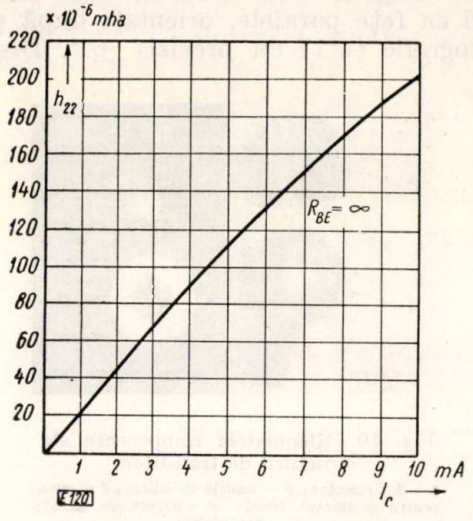


Fig. 7. Variaţia admitanţei de ieşire cu curentul de colector.

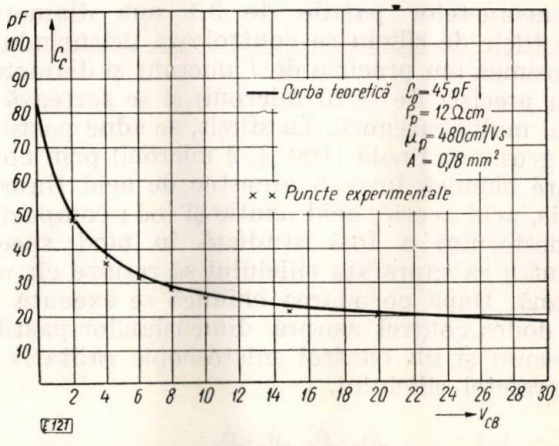


Fig. 8. Variaţia capacităţii colectorului cu tensiunea de colector.

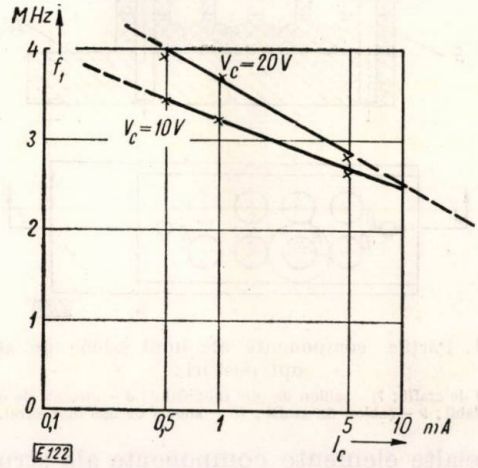


Fig. 9. Variaţia frecvenţei de tăiere cu curentul de colector.

5. Tehnologia transistorului cu siliciu

Siliciul monocristalin de tip p, obținut prin metoda tragerii din creuzet, este tăiat în discuri cu fețe paralele, orientate după planul cristalografic (111) cu precizia $\pm 1°$. Discurile

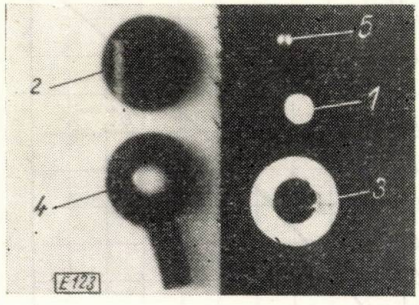


Fig. 10. Elementele componente ale structurii de transistor:
1 — dot colector; *2* — pastilă de siliciu; *3* — șaibă pentru contactul bazei; *4* — suport de tantal; *5* — dot emiter.

sînt șlefuite cu carborund pînă la o grosime de 200 microni, apoi din discuri se taie cu ajutorul ultrasunetelor pastile de 3,1 mm diametru. Pastilele de siliciu se controlează măsurîndu-se grosimea (cu precizia de 1 micron) și diametrul (cu precizia de ± 10 microni) și se sortează în mai multe categorii. În sfîrșit, se aduc pastilele la grosimea finală (100 ± 2 microni) prin corodare chimică într-un amestec de acid fluorhidric, acid acetic, acid azotic și iod; compoziția amestecului a fost studiată în mod special pentru ca suprafața siliciului să rezulte cît mai plană. După corodarea chimică se execută un al doilea control asupra dimensiunilor pastilei, precum și un control microscopic calitativ al suprafeței siliciului.

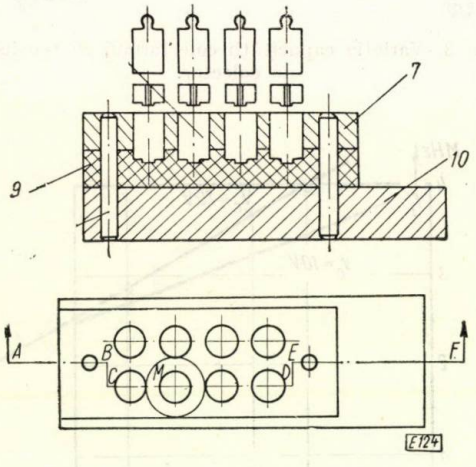


Fig. 11. Părțile componente ale unui șablon de aliere cu opt posturi:
6 — inele de grafit; *7* — șablon de oțel inoxidabil; *8* — greutăți de oțel inoxidabil; *9* — șablon de grafit; *10* — suport de oțel inoxidabil.

Celelalte elemente componente ale structurii de transistor sînt: suportul care realizează și contactul bazei, ștanțat din tablă de tantal de 0,1 mm grosime și supus apoi unui tratament termic în vid, care realizează micșorarea tensiunilor mecanice și curățirea suprafeței metalului; o șaibă circulară cu dimensiunile 2,8/1,4 mm diametru, 30 microni grosime, ștanțată din tablă de aliaj Au — 1% Ga; dotul colectorului, în formă de disc de 1 mm diametru și 0,1 mm grosime, ștanțat din tablă de aliaj Au — 0,5% Sb; dotul emiterului, în formă de sferă cu diametrul 0,45 mm, realizat prin contopirea în vid a două discuri de dimensiuni corespunzătoare, unul de aur, celălalt din aliaj Sn — 10% Sb, astfel încît compoziția finală a sferei este 79% Au, 19% Sn, 2% Sb.

În figura 10 sînt fotografiate cele cinci elemente ale structurii de transistor, înainte de a fi montate în șablonul de aliere.

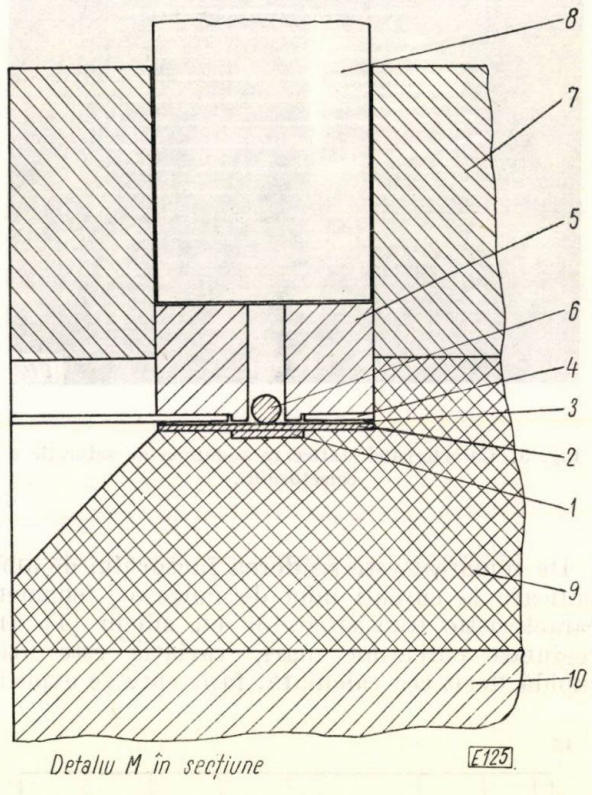


Fig. 12. Montarea elementelor în șablonul de aliere.

Operația principală a procesului tehnologic este solidarizarea elementelor din figura 10 între ele, prin aliere în vid. Piesele sînt asamblate în șabloane de grafit și oțel inoxidabil (fig. 11), piesele de grafit fiind realizate printr-o prelucrare mecanică de înaltă precizie, cu ajutorul ultrasunetelor.

Forma șabloanelor este concepută astfel încît alierea celor trei contacte metalice pe pastila de siliciu se realizează într-o singură operație. Poziția pieselor în șablon este arătată în detaliul din figura 12, unde numerotarea diferitelor elemente corespunde celei din figura 10 și 11. Adîncitura circulară care asigură poziția dotului colector este mai mică decît gro-

simea acestuia, ceea ce asigură contactul intim între suprafețele dotului și pastilei de siliciu, realizîndu-se totuși delimitarea precisă a suprafeței aliate. Inelul de grafit *6* are în

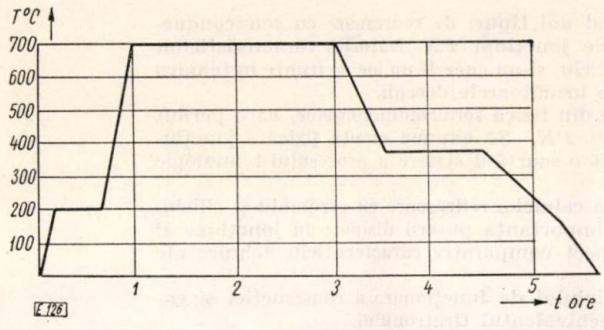


Fig. 13. Ciclul termic al procesului de aliere.

partea inferioară o ieșitură închisă, a cărei înălțime este puțin mai mică decît grosimea totală a pieselor *3* și *4*; astfel se asigură o presiune uniformă a acestor piese pe pastila de siliciu. Sfera nu este apăsată: ea se întinde liber pe suprafața siliciului, umezindu-l, pînă la limita impusă de inelul de grafit. Compoziția acestei sfere a fost stabilită prin experiențe, astfel încît tensiunea superficială a metalului topit să fie suficient de mare pentru ca aceasta să nu pătrundă pe sub inelul de grafit, însă nu atît de mare încît să limiteze umezirea siliciului la o suprafață mai mică decît cea fixată prin dimensiunea interioară a inelului de grafit.

Pentru asigurarea unei reproductibilități înaintate a procesului de aliere, condițiile în care decurge acesta trebuie menținute riguros aceleași de la o șarjă la alta.

Pe de o parte, aceasta înseamnă un control riguros al dimensiunilor și curățeniei pieselor înainte de asamblare, pe de altă parte respectarea ciclului termic prescris și a vidului înaintat în incinta de aliere ($p < 10^{-5}$ Torr). Forma ciclului termic este arătată schematic în figura 13; temperatura de palier a ciclului este menținută constantă cu precizie de ± 2°C.

Structurile obținute sînt examinate sub microscopul stereoscopic pentru detectarea defecțiunilor evidente. Piesele bune sînt supuse unei succesiuni de tratamente chimice, apoi se realizează legătura electrică la emiter și colector prin lipirea cu cositor a unor fire de nichel de 0,1 mm diametru. Transistoarele se închid ermetic în capsule de tipul celor folosite la fabricarea transistoarelor cu germaniu EFT. Pentru operațiile de capsulare s-a folosit utilajul existent la uzinele „Electronica". După capsulare, transistoarele sînt supuse unui tratament termic de stabilizare în etuvă, la temperatura de 150°C.

6. Concluzii

S-a proiectat și elaborat în fază experimentală un model de transistor cu siliciu care poate fi folosit într-o gamă mare de aplicații, cu deosebire în circuite de electronică industrială și de automatizare. Tensiunea de colector admisibilă ridicată, frecvența maximă de lucru ridicată și constanța factorului de amplificare într-o gamă largă de variație a curentului de colector sînt particularitățile cele mai interesante ale modelului, situîndu-l la nivelul tehnicii mondiale.

La realizarea lucrării a colaborat întregul colectiv al Secției semiconductoare din ICET. Un aport direct au adus Novițchi Victor, muncitor strungar, și Iacobescu Monica, muncitoare laborantă.

Bibliografie

[1] CLARK M. A.: Optimum design of power output transistors, Transistor Technology, sub redacția lui F. J. Biondi, Princeton, 1958, vol. II, 701, pag. 367–378.
[2] KAUFMANN P.: Der statische Stromverstärkungsfaktor als Function der Emitterstromes für Transistoren mit diffundierter und homogener Basisschicht, Arch. elecktr. Übertrag, **13**, 1959, 4, aprilie, pag. 141–151.
[3] EMEIS R., HERLET A. și SPENKE, E.: The effective emitter of power transistors, Proc. Inst. Rad. Engrs, **46**, 1958, 6, iunie, pag. 1220–1229.
[4] SAH C, NOYCE R. N. și STOCKLEY W.: Carrier generation and recombination in p-n junctions and p-n junction characteristics, Proc. Inst. Rad. Engrs, **45**, 1957, 9, septembrie, pag. 1228–1243.
[5] KAȚMAN I. A.: Poluprovodnikovîe ploskostnîe malomoscinîe triodî, Gosenergoizdat, Moskva-Leningrad, 1960, 248 pag.

Ventile de putere cu germaniu şi siliciu

Sighard Alper * — Bucureşti

Ventilele cu germaniu şi siliciu sînt cele mai noi tipuri de redresoare cu semiconductoare monocristaline care funcţionează pe bază de joncţiuni *PN*. Datorită caracteristicilor şi construcţiei lor, aceste ventile, îndeosebi cele cu siliciu, şi-au cucerit un loc de frunte în tehnica curenţilor tari, promiţînd lărgirea acestei poziţii în următoarele decenii.

În articol se dau unele noţiuni fundamentale din fizica semiconductoarelor, care permit înţelegerea mecanismului de redresare a joncţiunii *PN*. Se expune esenţa fizică a joncţiunilor cu structura *PSN*, P^+PN^+ şi P^+NN^+ şi se dă o scurtă descriere a procesului tehnologic de preparare a acestor structuri redresoare.

În capitolele următoare se descrie construcţia celulelor redresoare cu germaniu şi siliciu, se discută caracteristicile lor tehnice, se arată importanţa puterii disipate în joncţiune şi a evacuării căldurii din celulă. Se discută sub aspect comparativ caracteristicile tehnice ale celulelor redresoare cu seleniu, germaniu şi siliciu.

La sfîrşit se dă o scurtă descriere a principiului de funcţionare, a construcţiei şi caracteristicilor redresorului cu siliciu comandat — echivalentul tiratronului.

În încheiere se arată poziţia şi perspectivele de viitor ale diferitelor tipuri de ventile cu semiconductoare monocristaline.

CZ 537.311.33 : 546.28.621.314.63

Domeniile de utilizare a curentului continuu sînt foarte largi, cuprinzînd intensităţi de curent de la miliamperi la sute de kiloamperi şi tensiuni de la unităţi de volt la megavolţi. Din acest motiv s-au elaborat diferite tipuri de redresoare, tendinţa fiind de a găsi o construcţie de celule redresoare cu o structură cît mai simplă, cu gabarite cît mai mici şi cu randament cît mai mare. Printre redresoarele care satisfac în mare măsură aceste cerinţe se numără şi redresoarele uscate (cu semiconductoare) cu cuproxid, cu seleniu, cu germaniu, cu siliciu.

În cursul ultimelor decenii, fiecare nou tip de celulă redresoare a adus un aport însemnat în ceea ce priveşte micşorarea gabaritelor şi a greutăţii şi mai ales în ceea ce priveşte creşterea tensiunii inverse pe celulă şi a puterii redresate pe unitate de volum. Astfel, celulele cu seleniu au adus o creştere a tensiunii inverse pe celulă pînă la 30 — 40 V (faţă de 6 — 12 V la celulele cu cuproxid). Căderea de tensiune directă era de două ori mai mare, însă aceasta era compensată de faptul că numărul de celule în serie, necesar pentru o tensiune inversă dată, era mult mai mic decît la redresoarele cu cuproxid, căderea totală a tensiunii fiind mai mică. După redresorul cu seleniu a apărut redresorul cu germaniu, cu tensiuni inverse de vîrf pînă la 600 V şi o cădere de tensiune directă de 0,6 V pe celulă, putînd funcţiona la o temperatură de 70—80°C.

Redresorului cu germaniu i-a urmat redresorul cu siliciu, cu tensiuni inverse de vîrf pînă la 1 500 V şi o cădere de tensiune directă de 1 — 1,2 V pe celulă, putînd funcţiona la temperaturi între 150 şi 250°C.

Recent au fost elaborate şi puse în fabricaţie redresoare cu siliciu comandate, cu caracteristici de tiratron, care sînt în curs de dezvoltare şi care vor juca un rol important în aplicaţiile industriale.

Redresoarele cu germaniu şi siliciu constituie o categorie nouă de redresoare cu semiconductoare monocristaline, a căror funcţionare se bazează pe joncţiunile *PN*.

1. Principiul de redresare al joncţiunii *PN*

1.1. *Joncţiunea PN*

Un monocristal de siliciu are conducţia prin goluri (de tip *P*) sau prin electroni (de tip *N*) după cum concentraţia de impurităţi acceptoare este mai mare decît cea de impurităţi donoare sau invers. Prin urmare, tipul de conducţie poate fi determinat prin dotarea monocristalului cu acceptori (elemente din grupa a III-a a tabloului periodic al elementelor) sau cu donori (elemente din grupa a V-a). Dacă un monocristal este dotat astfel încît o porţiune să fie de tip *P* iar cealaltă de tip *N*, regiunea de trecere formează o joncţiune *PN*. Datorită neomogenităţii introduse de joncţiune în monocristal (care continuă să rămînă omogen din punct de vedere cristalin), apar o serie de fenomene care se datoresc proprietăţilor semiconductoarelor monocristaline [1—5].

Să presupunem că am dotat o bucată de siliciu monocristalin în partea dreaptă cu acceptori, iar în partea stîngă cu donori: concentraţiile lor, n_A şi n_D, sînt distribuite în regiunile *P*, respectiv *N*, aşa cum se arată în figura 1, *a*.

Se poate considera că, la temperatura camerei, toţi atomii acceptori şi donori sînt ionizaţi, adică concentraţiile de goluri p_P şi de electroni n_N în regiunile *P*, respectiv *N*, sînt egale cu concentraţiile respective de acceptori şi donori

$$p_P = n_A \quad \text{şi} \quad n_N = n_D \,. \tag{1}$$

* S. ALPER este cercetător la ICET.

Afară de aceasta în monocristal are loc, la temperatura dată, un proces de generare și recombinare de perechi electron-goluri, astfel încît la echilibru să fie valabilă relația :

$$n_P \cdot p_P = n_N \cdot p_N = n_i^2, \qquad (2)$$

în care :

n_i este concentrația intrinsecă de purtători de sarcină ;

n_P — concentrația de electroni în regiunea P ;

p_N — concentrația de goluri în regiunea N.

Datorită gradientului de concentrație, golurile din regiunea P vor difuza în regiunea N, și invers — electronii din regiunea N vor difuza în regiunea P, astfel încît în regiunea de trecere concentrația să fie egală cu n_i. Distribuția electronilor și golurilor este arătată în figura 1, *b*. Acceptorii și donorii ionizați, ale căror sarcini nu sînt compensate de sarcinile purtătorilor de sarcină mobili, vor da naștere în regiunea joncțiunii unei sarcini spațiale (fig. 1, *c*) :

$$\rho = (p_P + n_D - n_N - n_A). \qquad (3)$$

Difuzia purtătorilor de sarcină va avea loc pînă cînd distribuția concentrațiilor lor va

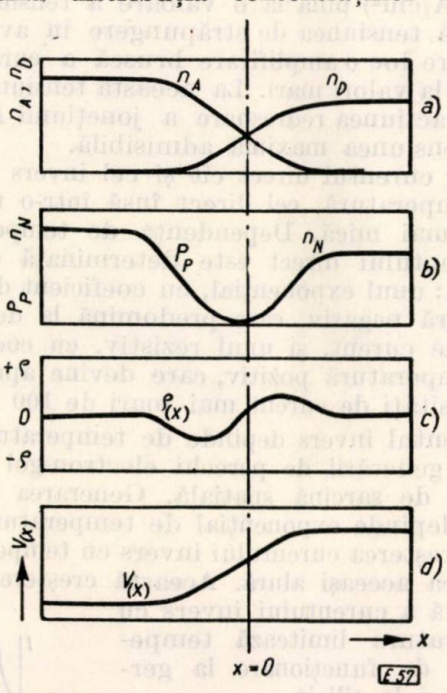


Fig. 1. Reprezentarea distribuțiilor :
a — acceptorilor și donorilor ; *b* — purtătorilor de sarcină ; *c* — sarcinii spațiale ; *d* — potențialului de-a lungul joncțiunii *PN*.

ajunge în echilibru cu cîmpul electric creat de sarcina spațială ρ. Acest cîmp electric tinde să producă un flux de purtători de sarcină în sens invers celui produs de gradientul de concentrație. În stare de echilibru, aceste două fluxuri sînt egale. Astfel ia naștere în regiunea joncțiunii o barieră de potențial, distribuția potențialului $V(x)$ (fig. 1, *d*) fiind descrisă de legea lui Poisson :

$$\frac{d^2V(x)}{dx^2} = \frac{4\pi}{\varepsilon}\rho(x). \qquad (4)$$

Concentrațiile golurilor și electronilor vor fi distribuite conform relațiilor :

$$n(x) = n_N e^{eV(x)/kT}; \qquad (5)$$

$$p(x) = p_P e^{eV(x)/kT}, \qquad (6)$$

în care :

k este constanta lui Boltzmann ;

T — temperatura absolută.

Bariera de potențial astfel formată este cauza efectului de redresare al joncțiunii PN.

1.2. *Efectul de redresare al joncțiunii PN*

Dacă pe joncțiunea PN se aplică o tensiune, echilibrul se strică și prin joncțiune circulă un curent. Datorită barierei de potențial, mărimea curentului va depinde de polaritatea tensiunii aplicate : ea va fi mai mare într-un sens, sensul direct, și mai mică în sensul invers.

Teoria redresării într-o joncțiune PN a fost emisă pentru prima dată în 1938 de către Davîdov [6—8] și a fost perfecționată în 1949 de către Shockley [9] și alții [10, 11].

Dacă tensiunea se aplică pe joncțiune astfel încît regiunea P să fie polarizată pozitiv, iar regiunea N — negativ, golurile din regiunea P vor fi atrase spre electrodul negativ și vor pătrunde în regiunea N, iar electronii din regiunea N vor pătrunde în regiunea P. Vom avea deci un curent de electroni în regiunea P și un curent de goluri în regiunea N. Concentrațiile purtătorilor de sarcină minoritari p_N și n_P vor fi mai mari decît concentrația de echilibru, ceea ce provoacă o creștere a vitezei de recombinare, care este proporțională cu concentrația purtătorilor de sarcină. Viteza de recombinare pentru goluri (și analog pentru electroni) este dată de ecuația :

$$-\frac{dp}{dt} = \frac{p_N - p}{\tau}, \qquad (7)$$

în care :

p este concentrația de echilibru a golurilor în regiunea N ;

τ — durata lor de viață.

Mărimea τ este intervalul de timp după care concentrația scade, datorită recombinării, la 1/e din valoarea ei. Curentul de goluri în regiunea N va fi dat de curentul de difuzie a golurilor și de recombinare. Curentul de difuzie

$$I_p = - e D_p \frac{\partial p}{\partial x}, \tag{8}$$

unde D_p este constanta de difuzie a golurilor.

Variația concentrației de goluri în timp este descrisă de ecuația diferențială:

$$- \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{p_N - p}{\tau} + \frac{1}{e} \frac{\partial I_p}{\partial x} \tag{9}$$

sau

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{p_N - p}{\tau} - D_p \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}. \tag{10}$$

Punînd condițiile la limită

$$p = p_N \tag{11}$$

pentru $x = \infty$

$$p = p_N \, e^{eV/kT}$$

pentru $x = 0$ (în joncțiune),

se obține soluția ecuației diferențiale (10) pentru cazul staționar ($\partial p/\partial t = 0$) sub forma

$$p = p_N \, (e^{eV/kT} - 1) \, e^{-x/L_p} + p_N. \tag{12}$$

L_P este o mărime legată de durata de viață τ a golurilor în regiunea N prin relația:

$$L_p = \sqrt{D_p \cdot \tau_p} \tag{13}$$

și se numește lungimea de difuzie. Ea reprezintă lungimea după care concentrația golurilor difuzate în regiunea N scade la 1/e din valoarea ei. Diferențiind ecuația (12) și substituind în (8), obținem ecuația pentru curentul de goluri

$$I_p = \left(\frac{e D_p \cdot p_N}{L_p} \right) (e^{eV/kT} - 1) \, e^{-x/L_p}. \tag{14}$$

În mod analog obținem pentru curentul de electroni ecuația:

$$I_n = \left(\frac{e D_n \cdot n_p}{L_n} \right) (e^{eV/kT} - 1) \, e^{-x/L_n}. \tag{15}$$

Curentul total care circulă prin joncțiune va fi egal cu suma celor doi curenți. Fiind independent de x, punem în ecuațiile (14) și (15) $x = 0$ și obținem curentul total:

$$I = I_p + I_n = \left(\frac{e D_p \cdot p_N}{L_p} + \frac{e D_n \cdot n_P}{L_n} \right) (e^{eV/kT} - 1). \tag{16}$$

Acesta este curentul direct. Dacă polarizăm joncțiunea în sens invers ($-V$ în loc de V) se vede imediat că la tensiuni mici curentul invers crește la început (în sens invers), iar la valori mari ale tensiunii termenul $e^{-eV/kT}$ devine neglijabil față de 1, curentul invers ajungînd la saturație. Valoarea curentului de saturație este:

$$I_s = e \left(\frac{D_p \cdot p_N}{L_p} + \frac{D_n \cdot n_P}{L_n} \right). \tag{17}$$

În figura 2 este arătată o caracteristică curent-tensiune descrisă de ecuația (16). Se vede că în sens direct curentul crește la început exponențial, pentru ca la o valoare V_s a tensiunii creșterea să devină liniară. Aceasta se datorește faptului că în serie cu joncțiunea PN se află rezistența materialului semiconductor între electrozi.

În sens invers, curentul rămîne aproape constant la o valoare foarte mică (de ordinul 10^{-10} A/cm²) pînă la o valoare a tensiunii V_B numită tensiunea de străpungere în avalanșă, cînd are loc o amplificare bruscă a curentului invers la valori mari. La această tensiune încetează acțiunea redresoare a joncțiunii PN; ea este tensiunea maximă admisibilă.

Atît curentul direct cît și cel invers depind de temperatură, cel direct însă într-o măsură mult mai mică. Dependența de temperatură a curentului direct este determinată de doi factori: unul exponențial, cu coeficient de temperatură negativ, care predomină la densități mici de curent, și unul rezistiv, cu coeficient de temperatură pozitiv, care devine apreciabil la densități de curent mai mari de 100 A/cm².

Curentul invers depinde de temperatură datorită generării de perechi electron-gol în regiunea de sarcină spațială. Generarea de perechi depinde exponențial de temperatură, așa că și creșterea curentului invers cu temperatura va avea aceeași alură. Această creștere exponențială a curentului invers cu temperatura limitează temperatura de funcționare la germaniu și la siliciu.

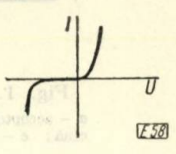


Fig. 2. Caracteristica curent-tensiune a unei joncțiuni PN.

La curentul invers se mai adaugă o componentă datorită unui curent de fugă la suprafața semiconductorului, care depinde de asemenea

— mai puțin — de temperatură. Valoarea acestei componente a curentului invers depinde de starea suprafeței semiconductorului și poate fi micșorată printr-un tratament adecvat.

Ținînd seamă de factorii care influențează curentul invers, caracteristica inversă curent-tensiune va avea alura arătată în figura 3 [12].

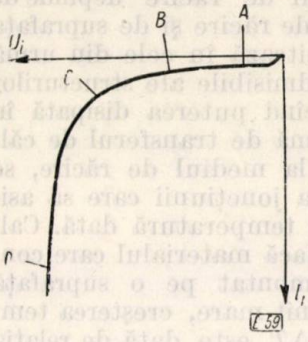


Fig. 3. Caracteristica inversă a unei joncțiuni PN: A — curent de saturație; B — creșterea curentului datorită generării de perechi în regiunea de sarcină spațială; C — amplificarea curentului; D — străpungerea prin avalanșă.

La o anumită valoare a cîmpului electric creat în regiunea de sarcină spațială, care pentru germaniu este de $\sim 150-200$ kV/cm, iar pentru siliciu de $300-500$ kV/cm, are loc efectul de multiplicare prin avalanșă a curentului invers. Datorită intensității mari a cîmpului electric, electronii sînt accelerați, primind o energie suficient de mare pentru a ioniza atomii. Electronii smulși din atomi sînt accelerați la rîndul lor, putînd ioniza alți atomi. Astfel ia naștere un proces de multiplicare în avalanșă care duce la străpungerea prin avalanșă.

Tensiunea la care apare intensitatea critică a cîmpului electric care duce la străpungerea prin avalanșă depinde de curbura potențialului de-a lungul regiunii de sarcină spațială. Dacă variația potențialului $V(x)$ de-a lungul regiunii de sarcină spațială are o curbură $\frac{d^2\rho}{dx^2}$ mai mică, tensiunea la care apare cîmpul critic va fi mai mare. În conformitate cu ecuația lui Poisson (4), o curbură mică înseamnă o sarcină spațială ρ mică, deci o rezistivitate mare a materialului semiconductor.

Un redresor ideal ar fi un redresor la care

$$R_d = 0 \quad \text{și} \quad R_i = \infty. \tag{18}$$

Ținînd seamă de condițiile reale de funcționare a redresorului pe o rezistență de sarcină R_s, condițiile (18) se transformă în

$$R_d \ll R_s \quad \text{și} \quad R_i \gg R_s, \tag{18a}$$

unde:

R_d este rezistența în sens direct;
R_i — rezistența în sens invers.

După cum reiese din cele expuse mai sus, o joncțiune PN nu poate să satisfacă simultan ambele cerințe (18 a). Într-adevăr, pentru ca R_d să fie mic, este necesar ca rezistența materialului semiconductor să fie mică. Din relația (4) rezultă însă în acest caz o tensiune inversă de străpungere prin avalanșă mică.

1.3. *Joncțiunea PSN*

O ieșire din acest impas a fost găsită în joncțiunea PSN propusă de Hall și Dunlap [13]. Această joncțiune constă din două regiuni de rezistivitate mică (puternic dotate), una de tip P și una de tip N, între care se află o regiune (baza) de rezistivitate foarte mare, adică slab dotată (regiunea S). Rezistivitatea acestei regiuni trebuie să fie de cîteva zeci de Ωcm la germaniu și de mii de Ωcm la siliciu. Dacă se realizează o astfel de structură cu baza de tip S_p (adică slab dotată cu acceptori), la dreapta și la stînga aflîndu-se regiunile de tip P, respectiv N (fig. 4, *a*), atunci vor avea loc următoarele fenomene: în cazul polarizării în sens direct, golurile din regiunea P și electronii din regiunea N vor fi respinși de către electrozi spre bază (fig. 4, *c*), inundînd-o cu purtători de sarcină mobili de ambele semne. Rezistența în sens direct devine foarte mică, datorită concentrației mari de purtători de sarcină: joncțiunea conduce.

Polarizînd joncțiunea în sens invers, purtătorii de sarcină vor fi retrași din regiunea bazei (fig. 4, *b*), rezistența bazei devine mare, iar joncțiunea nu conduce. Caracteristica inversă va fi determinată de joncțiunea S_pN. Regiunea S fiind de rezistivitate mare, curbura potențialului va fi mică, deci tensiunea de străpungere în avalanșă va fi mare. Astfel, joncțiunea PSN satisface cerințele de a asigura o rezistență mică în sens direct și o rezistență mare în sens invers, cu o tensiune de străpungere în avalanșă mare.

Prepararea siliciului de rezistivitate foarte mare (de tip S) este foarte dificilă. Cu siliciu de rezistivitate mai mică (de cîteva sute de Ωcm), realizabilă pe scară industrială, se poate realiza o structură similară cu structura PSN. Această structură constă din două regiuni foarte puternic dotate de tip P, respectiv N (regiuni P^+ respectiv N^+), între care se află baza de tip P sau N, obținîndu-se în acest fel o structură P^+PN^+ sau P^+NN^+. Redresoarele de putere cu siliciu se fabrică cu astfel de structuri.

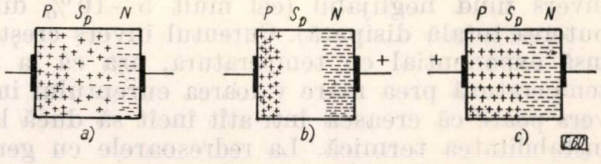


Fig. 4. Mecanismul acțiunii redresoare a joncțiunii PSN.

La joncțiunile cu structură P^+PN^+ sau P^+NN^+, curentul direct depinde de grosimea bazei w și de lungimea de difuzie în bază L [14], [15]. Grosimea bazei nu poate să fie oricît de mare, ci ea depinde de lungimea de

difuzie. În siliciul folosit la fabricarea redresoarelor de putere, lungimea de difuzie după prepararea joncțiunii este de circa 100 μ. O distribuție optimă a potențialului de-a lungul structurii se obține în cazul cînd $\frac{w}{2L} = 1$ [16].

Curentul invers se comportă la fel ca și în cazul joncțiunii PN. Tensiunea de străpungere este dată de relațiile empirice [8]:

$$V_B = 23 \cdot \rho^{0,75} \text{ pentru Si de tip } P; \quad (19)$$

$$V_B = 48 \cdot \rho^{0,75} \text{ pentru Si de tip } N,$$

pentru tensiuni nu prea mari. Dacă tensiunea inversă este atît de mare încît regiunea de sarcină spațială se întinde de la regiunea P^+ pînă la regiunea N^+, atunci este valabilă relația [6]:

$$V_B = 1{,}2 \cdot 10^5 w. \quad (20)$$

În relațiile de mai sus, ρ este dat în Ωcm, V_B în volți, iar w în cm.

1.4. *Puterea disipată*

Densitatea curentului redresat printr-o joncțiune PSN este determinată de caracteristicile materialului, de geometria structurii și de căderea de tensiune directă pe joncțiune. Puterea disipată în joncțiune provoacă o creștere a temperaturii ei, datorită încălzirii materialului semiconductor. Astfel, la o densitate de curent de 100 A/cm^2 și o cădere de tensiune directă de 1 V, pentru a obține un curent redresat mediu de 200 A este necesară o suprafață de 2 cm^2. Volumul unei plăcuțe de Si care conține o astfel de joncțiune este de ordinul 10^{-2} cm^3, iar puterea disipată este mai mare de 200 W, ceea ce înseamnă mai mult de 20 kW pe 1 cm^3 de material semiconductor. Căldura disipată trebuie evacuată pentru a împiedica încălzirea excesivă a materialului și distrugerea structurii redresoare. De aceea, structura redresoare trebuie montată pe un sistem de răcire care să împiedice instabilitatea termică, adică depășirea unei temperaturi admisibile a structurii [17].

Căldura disipată în joncțiune se datorește mai ales curentului direct, aportul curentului invers fiind neglijabil (cel mult 5—10% din puterea totală disipată). Curentul invers crește însă exponențial cu temperatura, așa că la o temperatură prea mare valoarea curentului invers poate că crească într-atît încît să ducă la instabilitatea termică. La redresoarele cu germaniu, curentul invers fiind mult mai mare decît la cele cu siliciu, temperatura de funcționare este limitată la 75—80°C. La siliciu, temperatura joncțiunii poate să ajungă și la 200—250°C.

Teoria și tehnologia structurilor redresoare admit densități de curent pînă la 400—500 A/cm^2 la o cădere de tensiune convenabilă. Sporirea puterii redresate prin mărirea densității de curent este însă împiedicată din cauza imposibilității de a evacua puterea disipată în joncțiune prin mijloace raționale.

Coeficientul total de transfer de căldură de la joncțiune la mediul de răcire depinde de construcția sistemului de răcire și de suprafața joncțiunii. Aceasta limitează în cele din urmă densitățile de curent admisibile ale structurilor redresoare [18]. Cunoscînd puterea disipată în joncțiune și ținînd seamă de transferul de căldură de la joncțiune la mediul de răcire, se poate calcula suprafața joncțiunii care să asigure funcționarea la o temperatură dată. Calculul termic arată că dacă materialul care conține joncțiunea este montat pe o suprafață plană a unui bloc infinit mare, creșterea temperaturii în joncțiune ΔT este dată de relația [19]:

$$\Delta T = \frac{rJV}{\lambda}, \quad (21)$$

unde:

r este raza joncțiunii;
J — densitatea de curent;
V — căderea de tensiune pe joncțiune;
λ — conductibilitatea termică.

Din această relație rezultă că pentru o creștere dată a temperaturii ΔT, densitatea de curent trebuie să scadă atunci cînd suprafața joncțiunii crește. La redresoarele aflate în comerț, densitățile de curent descresc (ca ordin de mărime) de la 500 A/cm^2 la celulele redresoare de 1A (cu suprafața mică a joncțiunii) pînă la 80 A/cm^2 la celulele redresoare de peste 200 A (cu suprafața mare a joncțiunii).

2. Celulele redresoare

2.1. *Prepararea structurii redresoare*

Joncțiunea PSN sau P^+PN^+ se prepară dotînd o plăcuță de siliciu pe o parte cu donori iar pe cealaltă parte cu acceptori. Dotarea se poate face prin mai multe metode [20]. Metodele principale sînt:

a) dotarea prin difuzie;
b) dotarea prin aliere.

La dotarea prin difuzie, o plăcuță de siliciu este încălzită într-o atmosferă care conține elementul de dotare, la o temperatură suficient de înaltă și un timp suficient de lung pentru ca elementul de dotare să pătrundă în siliciu prin difuzie pînă la adîncimea dorită. Astfel, pentru a obține un strat de tip N, se poate lăsa fosforul să difuzeze în siliciu de tip P, încălzind plăcuța de siliciu la 1 200°C, într-o atmosferă care conține pentoxid de fosfor, timp de 15 ore. Stratul de tip N obținut va avea în acest caz o grosime de $\sim$ 2,5 μ.

În prezent, metoda difuziei este rar folosită la prepararea joncțiunilor pentru celule redresoare de mare putere. Metoda cea mai larg folosită este metoda alierii.

Pentru dotare prin aliere se folosesc ca materiale de dotare la germaniu indiu (acceptor) și staniu cu stibiu (donor) iar la siliciu, respectiv aluminiu, și un aliaj de aur cu 1% stibiu. Pentru a obține o structură P^+PN^+, o plăcuță de siliciu de rezistivitate suficient de mare (500 — 1 000 Ωcm) este așezată într-un șablon de grafit, astfel încît să asigure un contact bun pe o parte cu o folie de Al, iar pe cealaltă parte cu o folie de Au-Sb. Din motive care vor fi arătate mai jos, folia de Al este în contact cu un disc de molibden sau wolfram, iar folia de Au-Sb cu un alt disc de molibden sau wolfram (fig. 5). Intregul ansamblu se încălzește în vid sau într-o atmosferă de hidrogen la o temperatură de 700—800°C. La această temperatură Al, respectiv Au, dizolvă cantități de siliciu în conformitate cu diagramele de fază ale sistemelor binare Al-Si, respectiv Au-Si. Grosimile plăcuței de siliciu și ale foliilor de Al și Au-Sb trebuie astfel alese încît la temperatura la care se face alierea să rămînă nedizolvată o parte din plăcuța de siliciu avînd grosimea necesară (100—150μ). De obicei se folosesc plăcuțe de siliciu cu o grosime inițială de ~ 250 μ și folii de Al și Au-Sb cu o grosime de ~100 μ.

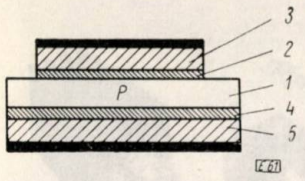


Fig. 5. Dispoziția elementelor componente pentru alierea structurii redresoare:
1 — plăcuță de Si tip *P*; *2* — folie Au — Sb; *3* — disc de W argintat pe fața superioară; *4* — folie de Al; *5* — disc de Mo argintat pe fața inferioară.

Răcind lent întregul sistem, siliciul recristalizează, straturile recristalizate rămînînd cu un conținut de Al, respectiv Sb, adică în procesul de recristalizare se formează straturile P^+ și N^+ (fig. 6). Cînd temperatura ajunge sub 570°C se solidifică aliajul eutectic Al-Si, iar sub 370°C se solidifică aliajul eutectic Au-Si.

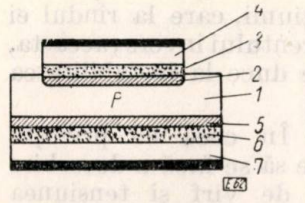


Fig. 6. Structura redresoare după aliere:
1 — plăcuță de Si tip *P*; *2* — strat monocristalin recristalizat N^+; *3* — aliaj eutectic Au-Si policristalin (contact ohmic); *4* — disc de W argintat lipit de eutecticul Au-Si; *5* — strat monocristalin recristalizat P^+; *6* — aliaj eutectic Al-Si (contact ohmic); *7* — disc de Mo argintat lipit de eutecticul Al-Si.

Discurile de molibden sau wolfram vor fi lipite de cele două aliaje eutectice.

Straturile recristalizate dotate (P^+ și N^+) trebuie să fie cît mai drepte și paralele între ele, deoarece în caz contrar nu se poate asigura reproductibilitatea caracteristicilor redresoare, care depind de grosimea bazei. În figura 7 este arătată microfotografia unei secțiuni printr-o structură P^+PN^+ obținută prin aliere pe siliciu de tip *P* la Institutul de cercetări electrotehnice din București.

Aliajele eutectice Al-Si și Au-Si formează contactele ohmice ale structurii redresoare. Deoarece aliajele cu siliciu sînt foarte fragile, datorită coeficienților de dilatare diferiți ai aliajelor eutectice și al siliciului, plăcuța de siliciu se fisurează de cele mai multe ori la răcirea structurii în ciclul de aliere. Discurile de molibden sau wolfram, care au coeficienți de dilatare termică foarte apropiați de cel al siliciului, au drept scop de a preveni fisurarea atît în procesul de aliere, cît și în timpul funcționării celulei redresoare, cînd aceasta este supusă la variații de temperatură între 20 și 200°C.

Fig. 7. Microfotografia unei structuri P^+PN^+:
1 — eutectic Au-Si; *2* — strat recristalizat N^+; *3* — Si tip *P*; *4* — strat recristalizat P^+; *5* — eutectic Al-Si.

La germaniu, condițiile de aliere sînt mai ușoare, temperatura de aliere fiind mai joasă (550—600°C), staniul și mai ales indiul fiind metale moi, așa că problema fisurării nu este atît de acută. La siliciu nu are sens folosirea indiului ca material de dotare, punctul său de topire fiind la 155°C, adică la o temperatură mai joasă decît temperatura de funcționare a joncțiunii cu siliciu.

Toate operațiile de pregătire a materialelor, precum și procesul de aliere trebuie executate în condiții de curățenie cu totul deosebite, pentru a se asigura umezirea bună a siliciului de către Al și Au, deci o dizolvare uniformă a siliciului, precum și pentru a împiedica pătrunderea necontrolată a unor impurități. Impurificarea chiar și cu cantități infime de elemente necontrolate poate influența apreciabil caracteristicile structurii redresoare, în sensul înrăutățirii ei, precum și reproductibilitatea preparării structurilor redresoare.

După aliere, structura obținută se corodează în amestecuri de acizi, pentru a îndepărta orice urme de impurități de pe suprafața siliciului, precum și pentru a stabiliza starea suprafeței, care contribuie într-o mare măsură la curentul invers. De aceea este necesară închiderea ermetică a structurii redresoare, pentru a proteja suprafața siliciului contra acțiunii agenților din mediul ambiant și pentru a asigura stabilitatea funcționării ei.

2.2. *Capsularea structurilor redresoare*

Capsularea constă în montarea structurii redresoare într-o capsulă ermetic închisă, care să asigure totodată legarea electrozilor la conductoarele de conexiune; în același timp, capsula trebuie să asigure un contact termic bun la elementul de răcire pentru evacuarea căldurii disipate. În figura 8 este reprezentată schematic o secțiune printr-o structură capsulată, iar figura 9 reprezintă fotografia unor celule redresoare de putere cu siliciu, montate pe elemente de răcire.

Cablul de conexiune este izolat de restul capsulei printr-o trecere de sticlă sau ceramică, care trebuie să reziste la tensiuni de cîțiva kilovolți, să asigure etanșeitatea capsulei și să fie rezistentă la șocuri termice și mecanice.

Capsula se execută din cupru, datorită conductibilității termice bune a acestuia, și este prevăzută cu un filet pentru înșurubarea pe elementul de răcire. Acesta se execută din cupru sau aluminiu și are o suprafață de răcire de cîteva sute pînă la cîteva mii de ori mai mare decît suprafața joncțiunii. Forma și dimensiunile elementului de răcire se calculează luînd ca bază temperatura admisibilă a joncțiunii, puterea disipată în joncțiune, rezistența termică a sistemului joncțiune-capsulă, temperatura și natura agentului de răcire [10].

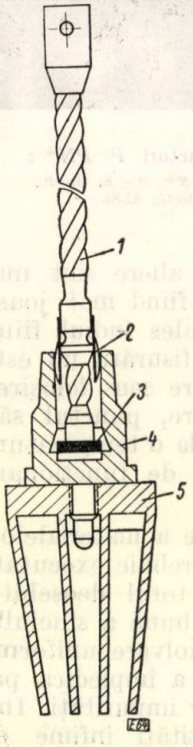


Fig. 8. Secțiune printr-o celulă redresoare:
1 — racord flexibil; *2* — trecere izolatoare; *3* — structura redresoare; *4* — capsulă; *5* — element de răcire.

La celulele redresoare de putere medie, răcirea se face cu aer prin convecție naturală. La puteri mai mari se aplică răcirea forțată cu aer, mai rar cu apă. În cazul răcirii forțate cu aer, elementul de răcire se dimensionează pentru o viteză a aerului de răcire de 5—6 m/s, temperatura inițială a aerului de răcire fiind de ~30°C.

Capsula trebuie să fie de construcție robustă pentru a proteja structura contra solicitărilor mecanice, cum ar fi șocuri, trepidații ș.a.

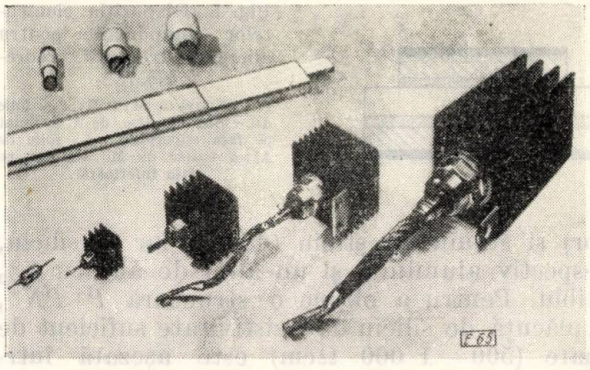


Fig. 9. Celule redresoare cu Si de la 0,5 la 180 A.

2.3. *Caracteristicile celulelor redresoare*

Condițiile de funcționare a celulelor redresoare cu germaniu și siliciu sînt determinate de următoarele caracteristici:

a) *Curentul direct.* Acesta depinde de sistemul de răcire folosit. Dacă celula redresoare a fost proiectată pentru un curent mediu redresat dat cu răcire prin convecție naturală, celula poate funcționa cu un curent mai mare aplicîndu-se o răcire mai eficace (forțată, cu aer sau cu apă), fără ca să fie depășită temperatura admisibilă a joncțiunii. În acest scop este importantă cunoașterea căderii de tensiune directe (caracteristica curent-tensiune în sens direct), rezistenței termice a sistemului joncțiune-capsulă, curentului maxim admisibil în cablurile de conexiune.

b) *Curentul de suprasarcină.* Este important a se cunoaște în ce măsură celula redresoare rezistă la șocuri de curent de scurtă durată (cîteva milisecunde), deoarece aceasta determină stabilitatea de funcționare a celulei în instalații unde pot să apară accidental curenți de suprasarcină de scurtă durată. Un astfel de impuls de curent provoacă o creștere suplimentară a temperaturii joncțiunii, care la rîndul ei provoacă o creștere a curentului invers; aceasta, precum s-a arătat, poate duce la instabilitatea termică.

c) *Tensiunea inversă.* În ceea ce privește tensiunea inversă, trebuie să se facă o deosebire între tensiunea inversă de vîrf și tensiunea inversă de vîrf maximă. Prima este tensiunea de vîrf în sens invers care poate să apară în timpul funcționării în instalația dată (amplitudinea tensiunii alternative aplicate, oscilații de tensiune în rețea, supratensiuni de scurtă durată datorite unor efecte deosebite ce pot

să apară în instalație). Cea de-a doua este tensiunea inversă maximă admisibilă, peste care începe amplificarea curentului invers și străpungerea prin avalanșă. Curentul invers de vîrf este important pentru stabilitatea termică a celulei. O depășire a tensiunii inverse de vîrf maxime duce rapid la instabilitatea termică și distrugerea celulei. De obicei, tensiunea inversă de vîrf maximă este cu 50—100 % mai mare decît tensiunea inversă de vîrf.

d) *Curentul invers la tensiunea inversă de vîrf maximă* este important pentru cunoașterea aportului curentului invers la puterea disipată în joncțiune.

Mărimile enumerate se indică de obicei pentru celulele conectate în schemă monofazică cu o alternanță.

În figura 10 sînt arătate caracteristicile unor celule redresoare cu siliciu de 8, 20 și 60 A, la temperaturile de 20 și 120°C. În figura 11 este arătată o caracteristică medie curent-tensiune a unor celule redresoare cu siliciu la temperatura de 140°C, iar în tabela 1 sînt date caracteristicile unor celule redresoare produse de diferite firme din diferite țări.

2.4. *Compararea celulelor redresoare cu seleniu, germaniu și siliciu*

În tabela 2 sînt date unele caracteristici comparative pentru celule cu seleniu, germaniu și siliciu [3].

La prima vedere s-ar părea că celulele redresoare cu siliciu sînt superioare celorlalte două

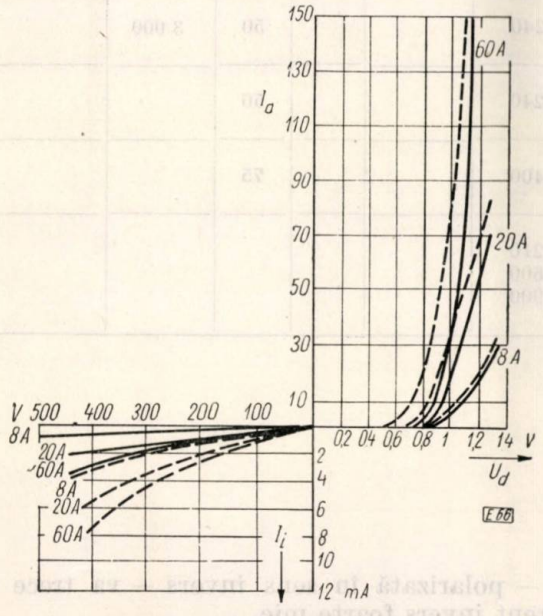


Fig. 10. Caracteristicile unor celule cu Si:
——— temperatura joncțiunii 20°C;
– – – – temperatura joncțiunii 120°C.

tipuri în toate privințele. De fapt, problema este mai complexă.

După cum s-a arătat mai sus, celulele cu germaniu sînt inferioare celor cu siliciu din punctul de vedere al stabilității termice, al temperaturii de lucru, al tensiunii inverse. În schimb, căderea de tensiune în sens direct

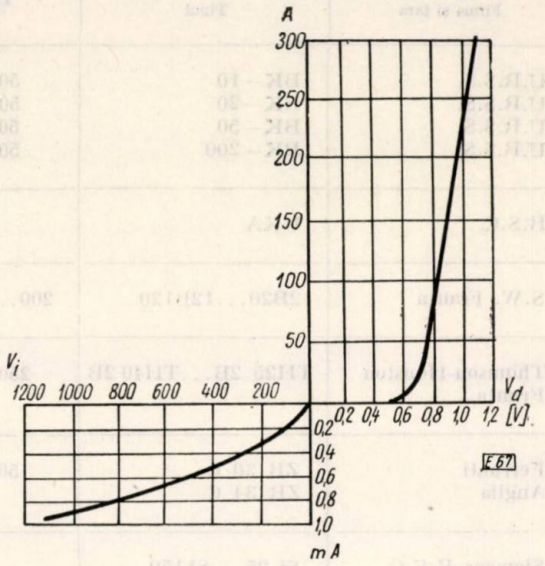


Fig. 11. Caracteristica medie a celulelor redresoare Siemens la 140°C.

este la siliciu aproape de două ori mai mare decît la germaniu. Din acest motiv, la tensiuni inverse joase, pînă la 60 V, celulele cu germaniu prezintă avantaje față de cele cu siliciu în ceea ce privește randamentul.

La compararea cu celulele cu seleniu, acestea din urmă concurează pe cele cu siliciu prin robustețea lor mai mare și stabilitatea lor la șocuri și suprasarcini. Prin urmare, la tensiuni joase, celulele redresoare cu seleniu prezintă avantaje nu numai față de celulele cu siliciu, ci și față de cele cu germaniu, dacă se ține seamă de sensibilitatea termică a acestora din urmă.

Se vede deci că în domeniul tensiunilor joase există o concurență serioasă între celulele redresoare cu seleniu, germaniu și siliciu. Problema folosirii unuia sau altuia dintre tipurile de celule redresoare se rezolvă de la caz la caz; rolul hotărîtor îl va avea în acest domeniu factorul economic.

În domeniul tensiunilor înalte, redresoarele cu siliciu sînt net superioare celorlalte două tipuri.

3. Redresoare cu siliciu comandate

3.1. *Principiul de funcționare*

Redresorul cu siliciu comandat are o caracteristică similară cu cea a unui tiratron cu gaze. Această caracteristică este realizată cu ajutorul unei structuri *PNPN*. Pentru a înțelege modul de funcționare a redresorului comandat cu structură *PNPN*, să vedem mai întîi ce se întîmplă în cazul cînd un monocristal de siliciu

Tabela 1

Celule redresoare cu siliciu

Firma și țara	Tipul	*T.I.V.* V	I_d A	U_d V	I_i la *T.I.V.*, mA		$I_{sup.}$ A	Răcirea cu aer
					la 20°C	la *t*°C		
U.R.S.S.	BK—10	50...400	10	0,67		—		naturală
U.R.S.S.	BK—20	50...400	20	0,67		8		naturală
U.R.S.S.	BK—50	50...400	50	0,67		20		forțată
U.R.S.S.	BK—200	50...400	200	0,67		40		forțată
R.S.C.	UKA	600	150					
S.W. Franța	12B20...12B120	200...1 200 *	200	1,6	6		800	forțată
Thomson-Houston Franța	TH25 2B...TH40 2B	250...400	50	1,2		15		naturală
Ferranti Anglia	ZR 30 C ZR 34 C	50...400	30 40	1,2	0,5	2	300 la 100°C	naturală forțată
Siemens R.F.G.	Si 25...Si 150	600	20...200	1,0		1		
A.E.G. R.F.G.	Si 20 E...Si 20 K	200...600	20 50	1,0 la 40 A		10	500 (10 ms)	naturală forțată
Westinghouse S.U.A.	IN 1183...IN 1190	50...600	35			10	500	
„	IN 1660...IN1666	50...500	160			40	2 000	
„	IN1670...IN1676	50...500	240			50	3 000	
Standard Rectifier S.U.A.	240E10...240E60	100...600	240			50		
	400E20...400E60	200...600	400			75		
Sarkes Tarzian S.U.A.	40 S 3 40 V 3 40 X 3	400 400 400	210 600 900					

T.I.V. — tensiunea inversă de vîrf (volți)
I_r — intensitatea maximă a curentului mediu redresat (amperi)
U_d — căderea de tensiune pe redresor în sens direct (volți)
I_i — curentul invers la *T.I.V.* (miliamperi)
t — temperatura de lucru a capsulei 120 — 150°C.
I_{sup} — suprasarcina maximă pe o alternanță (amperi)

* tensiunea inversă de vîrf maximă.

conține două joncțiuni PN, adică în cazul unei structuri PNP, pe care se aplică o tensiune, așa cum este arătat în figura 12. Joncțiunea P_1N_1 (pe care o notăm cu J_1) este polarizată în sens direct, iar joncțiunea P_2N_1 (notată cu J_2) — în sens invers. Din P_1 vor fi injectate goluri în N_1, unde o parte dintre ele se recombină cu electronii, iar restul trece prin J_2 în P_2. În același timp, prin joncțiunea J_2 — polarizată în sens invers — va trece un curent invers foarte mic.

Dacă notăm cu I_e curentul de goluri emis din regiunea P_1 (numită emiter), iar cu I_c curentul colectat în regiunea P_2 (numită colector), atunci raportul

$$I_c/I_e = \alpha \qquad (22)$$

determină o mărime α care indică fracțiunea

Tabela 2

Tabelă comparativă

	Se	Ge	Si
Densitatea de curent admisibilă, A/cm²			
cu răcire naturală	0,07	40	100
cu răcire forțată	0,20	100	240
Tensiunea inversă de vîrf maximă, V	35	200	1 500
Căderea de tensiune pe celulă, V	1,2	0,6...0,7	1,0...1,2
Randamentul, %	95...98	98,5	99,6
Temperatura maximă de lucru, °C	85	65	200
Spațiul relativ ocupat de o celulă cm³	15	3	1

din curentul emis de emiter care ajunge la colector prin joncțiunea J_2.

Structura PNP este structura unui transistor la care mai există un electrod atașat la re-

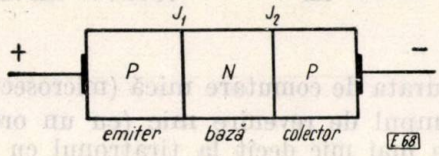


Fig. 12. Structura PNP.

giunea N_1 — baza și se numește factor de amplificare al transistorului. Valoarea sa este mai mică decît 1 și poate să ajungă la valori foarte apropiate de 1. Factorul α are valoare mai mică dacă curentul emiterului este mic, și crește cu creșterea lui I_e (fig. 13).

Structura $PNPN$ poate fi considerată ca fiind compusă din două structuri PNP alăturate (fig. 14, *a*), cu joncțiunea J_2 comună. Să analizăm fiecare dintre cele două structuri PNP în parte. Structura $P_1N_1P_2$ este caracterizată prin factorul de amplificare α_1 care determină curentul de goluri care trece prin J_2 în P_2 (fig. 14, *b*). Structura $N_2P_2N_1$ are joncțiunea J_3 polarizată în sens direct, iar joncțiunea P_2 de asemenea în sens invers (fig. 14, *c*). Curentul de electroni emiși din N_2 care ajunge în N_1 prin joncțiunea J_2 va fi determinat de un factor α_2. Joncțiunea comună J_2 fiind polarizată în ambele structuri în sens invers, prin ea va trece, afară de aceasta, un curent invers total I_i, de valoare foarte mică.

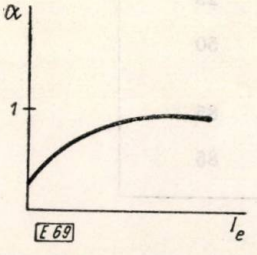


Fig. 13. Dependența factorului de amplificare α de I_e.

Curentul total care trece prin J_2 fiind egal cu curentul total I care trece prin circuit, vom avea :

$$I = \alpha_1 I + \alpha_2 I + I_i, \qquad (23)$$

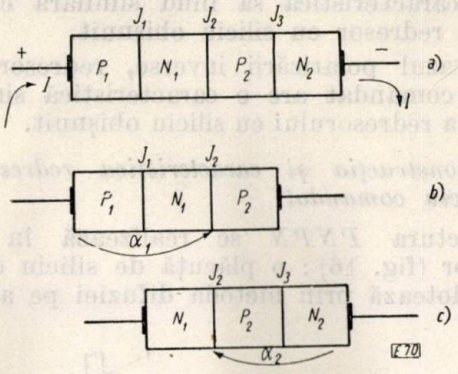


Fig. 14. Structura $PNPN$ și principiul ei de funcționare.

sau

$$I = \frac{I_i}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)}. \qquad (24)$$

Cît timp suma $\alpha_1 + \alpha_2$ este mai mică decît 1 (de exemplu 0,8), curentul direct I va fi cam de ordinul de mărime al curentului invers I_i (în cazul nostru de 5 ori mai mare), care, după cum s-a arătat în capitolul 1.2, are o valoare foarte mică. Dacă s ar putea realiza o creștere a valorii $\alpha_1 + \alpha_2$ pînă la 1, atunci numitorul s-ar anula și curentul direct I ar fi limitat numai de circuitul exterior.

La redresorul cu siliciu comandat, această creștere se realizează atașînd la baza P_2 un electrod de comandă (fig. 15), care injectează un curent în P_2. Datorită acestui fapt crește curentul în structura parțială $N_2P_2N_1$, deci crește și α_2. Creșterea lui α_2 provoacă creșterea curentului total, deci și creșterea lui α_1. Prin urmare, injectînd un curent în P_2, se obține o creștere rapidă a valorii $\alpha_1 + \alpha_2$ pînă la 1, deci și o creștere rapidă a curentului direct.

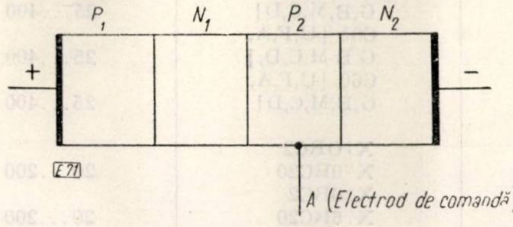


Fig. 15. Principiul de funcționare a redresorului cu Si comandat.

Din cele arătate rezultă deci următoarele : în cazul polarizării directe, redresorul cu siliciu comandat se poate afla în două stări de conducție : o stare de rezistență mare, cînd prin electrodul de comandă nu se injectează un

curent și în care curentul direct este de ordinul de mărime al curentului invers, și a doua stare, de rezistență mică, cînd prin electrodul de comandă se injectează un curent; în această stare curentul direct crește rapid la valori mari, caracteristica sa fiind similară cu cea a unui redresor cu siliciu obișnuit.

În cazul polarizării inverse, redresorul cu siliciu comandat are o caracteristică similară cu cea a redresorului cu siliciu obișnuit.

3.2. *Construcția și caracteristica redresorului cu siliciu comandat*

Structura *PNPN* se realizează în felul următor (fig. 16): o plăcuță de siliciu de tip *N* se dotează prin metoda difuziei pe ambele

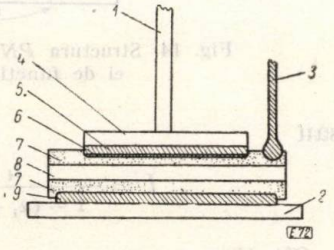


Fig. 16. Secțiune printr-o structură *PNPN* după aliere:
1 – catod; *2* – anod; *3* – electrod de comandă; *4* – molibden; *5* – aur-siliciu; *6* – regiune recristalizată *N+*; *7* – regiune *P*; *8* – regiune *N*; *9* – aluminiu-siliciu.

fețe cu acceptori, creînd astfel o structură *PNP*. În stratul P_2 se creează prin aliere un strat de tip *N* (stratul N_2), iar pe stratul P_1 se aliază contactul neredresor cu aluminiu. În stratul P_2 se aliază un fir de aluminiu care servește ca electrod de comandă.

Din aceleași motive ca cele arătate în cazul celulelor redresoare cu siliciu, structura *PNPN* realizată se capsulează. În figura 17 se arată o secțiune printr-un redresor comandat capsulat, iar în figura 18 este arătată caracteristica unui redresor cu siliciu comandat. Figura 19 reprezintă fotografia unui redresor cu siliciu comandat.

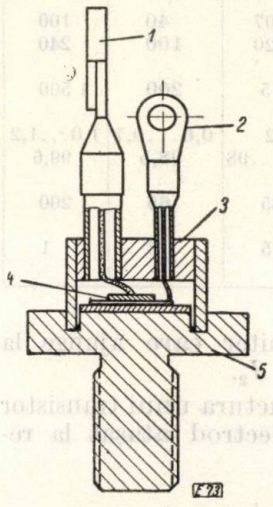


Fig. 17. Secțiune printr-un redresor cu Si comandat:
1 – catod; *2* – electrod de comandă; *3* – trecere izolatoare; *4* – structura *PNPN*; *5* – baza capsulei.

După cum se vede din figura 18, redresorul cu siliciu comandat are o caracteristică foarte asemănătoare cu cea a unui tiratron, prezentînd față de acesta următoarele avantaje:

a) căderea de tensiune directă mică (1–2 V);

b) durata de comutare mică (microsecunde);

c) timpul de revenire mic (cu un ordin de mărime mai mic decît la tiratronul cu gaze);

d) nu are filament, deci nu este necesar un timp de încălzire și nu există pericolul de supraîncălzire;

Tabela 3

Celule redresoare cu Si comandate

Tipul	*T.I.V.* maximă, V	I_d A	V_g* A	I_g* mA
TCR 1 005 TCR 4 005	50...400	3	5	1
TCR 520 TCR 4 020	50...400	20	3	25
NCR 025D NCR 400D	50...400	10	1,25	10
NCR 025E NCR 400E	50...400	16	1,25	10
C10 [U,F,A, G,B,M,C,D]	25...400	4,7	2	6
C35 [U,F,A, G B M,C,D,]	25...400	16	3	25
C60 [U,F,A, G,B,M,C,D]	25...400	50	3,5	50
X10RC2 X10RC20	20...200	10	5	85
X 6RC2 X 6RC20	20...200	16	3	85

* V_g, I_g – tensiunea și curentul de comandă.

e) dimensiunile mici și construcția robustă.

În prezent se fabrică redresoare cu siliciu comandate pentru tensiuni pînă la 400 V cu

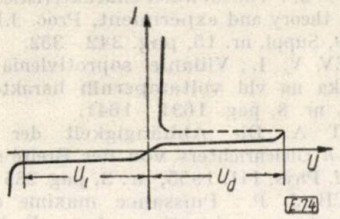


Fig. 18. Caracteristica curent-tensiune a unui redresor cu Si comandat.

un curent direct pînă la 50 A. Au fost elaborate modele experimentale de laborator de 100 A.

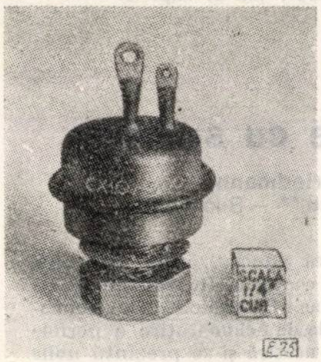


Fig. 19. Redresor cu Si comandat de 10 A.

În tabela 3 se dau caracteristicile tehnice ale unor redresoare cu siliciu comandate.

Concluzii

Cu toate că apariția celulelor redresoare de putere cu siliciu și germaniu este relativ recentă, producția lor a evoluat rapid și ele și-au cucerit un loc de frunte în tehnica curenților tari. S-a arătat că în domeniul tensiunilor înalte celulele cu siliciu sînt superioare tuturor celorlalte tipuri de celule redresoare cu semiconductoare. În acest domeniu, celulele cu siliciu concurează numai cu redresoarele cu mercur și cu contacte. Volumul specific mult mai redus și construcția relativ simplă a celulelor redresoare cu siliciu fac ca acestea să înlocuiască de pe acum redresoarele cu mercur și cu contacte dintr-o serie de domenii de aplicații. La aceasta se mai adaugă faptul că celulele cu germaniu și siliciu nu prezintă fenomene de îmbătrînire sau uzură.

Dificultățile care stau în calea preparării monocristalelor pure de siliciu reduc economicitatea redresoarelor cu siliciu la instalații mari, unde utilizarea redresoarelor cu mercur sau cu contacte ar putea fi mai rentabilă. Progresele realizate în ultimul timp în producerea monocristalelor de siliciu promit însă o îmbunătățire apreciabilă a poziției celulelor redresoare cu siliciu din punct de vedere economic, avînd în vedere că cheltuielile de întreținere și exploatare sînt în orice caz mai mici decît la redresoarele cu mercur și cu contacte.

Cercetările în domeniul materialelor semiconductoare deschid perspective noi fabricării de celule redresoare din compuși intermetalici semiconductori, cum ar fi carbura de siliciu, arsenura de galiu sau antimonura de aluminiu. Aceste materiale au proprietăți fizice și electrice care ar putea îmbunătăți unele caracteristici ale celulelor redresoare în comparație cu cele cu siliciu. Astfel, s-a arătat că joncțiunile *PN* obținute pe monocristale din carbură de siliciu pot funcționa pînă la o temperatură de 500°C. Este probabil că celule redresoare din astfel de materiale vor fi folosite în viitor în aplicații industriale speciale precum și în aeronautică și astronautică, pentru funcționare la temperaturi între 250 și 500°C. Dificultățile tehnologice la prepararea monocristalelor și a structurilor redresoare din aceste materiale permit să se prevadă, pentru celulele cu siliciu, o poziție stabilă în deceniile următoare cel puțin în aplicațiile industriale obișnuite.

În ceea ce privește redresorul cu siliciu comandat, importanța acestuia în tehnica curenților tari este incontestabilă. Avantajele acestuia față de tiratronul cu gaze, arătate în capitolul 3. 2, deschid redresorului comandat noi domenii de aplicații în care nu poate fi folosit tiratronul. Rezultatele cercetărilor asigură de pe acum o dezvoltare a redresorului cu siliciu comandat, în sensul creșterii tensiunii, a reproductibilității caracteristicilor directe și o creștere a puterii lor, ceea ce va permite folosirea lor în domeniul puterilor mari, de ordinul megawaților.

Celulele redresoare cu siliciu mai oferă încă un cîmp vast cercetărilor pentru îmbunătățirea caracteristicilor și tehnologiei fabricării lor. Cercetări în acest domeniu se efectuează și la noi în țară la Institutul de cercetări electrotehnice. Hotărîrea cu privire la introducerea tehnicii noi, precum și dezvoltarea impetuoasă a economiei noastre naționale fac ca aceste lucrări să capete o importanță deosebită. Rezultatele obținute pînă în prezent sînt satisfăcătoare și cercetările continuă pentru a se obține cît mai curînd celule redresoare cu siliciu cu caracteristici corespunzătoare nivelului actual al tehnicii mondiale.

Bibliografie

[1] IOFFE A. F.: Fizika poluprovodnikov, Izd.Akad. Nauk S.S.S.R., M—L, 1957.
[2] SPENKE E.: Elektronische Halbleiter, Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1956.
[3] VOLKENSTEIN F.F.: Elektroprovodnosti poluprovodnikov, OGHIZ, Moskva-Leningrad, 1947.
[4] GUBANOV A. I.: Teoria vîpriamliaiuşcevo deistvia poluprovodnikov, Gos. Izd. Tehniko-teoreticeskoi literaturî, Moskva, 1956.
[5] SPENKE E.: Silizium als Baustoff für Leistungsgleichrichter, Siemens Siliziumgleichrichter.
[6] DAVÎDOV B. I.: Vîpriamlenie s pomoşciu poluprovodnikov, JTF, **5**, 1938, nr. 2, pag. 87—95.
[7] DAVÎDOV B.I.: O vîpriamliaiuşcem deistvii poluprovodnikov, JTF, **8**, 1938, pag. 3.
[8] DAVÎDOV B.I.: O vîpriamlenii na graniţe mejdu dvuh poluprovodnikov, DAN, **20**, 1938, pag. 279.
[9] SHOCKLEY W.: The theory of *p-n* junctions in semiconductors and *p-n* junctions tranzistors, Bell, Syst. Techn. J., **28**, 1949, nr. 3, pag. 435—489.
[10] GUBANOV A. J.: Teoria kontakta dvuh poluprovodnikov s razliciním tipom provodimosti, JTF, **20**, 1950, pag. 1187.
[11] IOFFE A. V.: Vîpriamlenie na graniţe dvuh poluprovodnikov, JTF, **18**, 1948, pag. 1498.
[12] BLUNDELL A. J., GARSIDE A. E., HIBBERD R.G. şi WILLIAMS I.: Silicon power rectifiers, Proc. J.E.E. Part. A, **108**, 1961, nr. 40, pag. 273—294.
[13] HALL R. N. şi DUNLAP W.C.: *P—N* Jonction prepared by impurity diffusion, Phys. Rev., **80**, 1950, ur. 3, pag. 467.
[14] SHIELDS J.: The forward charakteristics of p^+ n n^+ diodes in theory and experiment, Proc. J.E.E. Part. B, **106**, 1959, Suppl. nr. 15, pag. 342—352.
[15] STAFEEV V. I.; Vliianie soprotivlenia tolşci poluprovodnika na vid voltampernîh harakteristik, JTF, **28**, 1958, nr. 8, pag. 1631—1641.
[16] HERLET A.: Die Abhängigkeit der Stromdichte eines *p-i-n* Gleichrichters von der Breite seiner Mittelzone, Z. f. Phys, **141**, 1955, nr. 3, pag. 335—345.
[17] VASSEUR J. P.: Puissance maxime des éléments semiconducteurs a jonction, Ann. Radioélectr. **11**, 1956, nr. 43, cah. 1, pag. 3—28.
[18] HERLET A. şi HOFFMANN A.: Thermische Stabilität und Kühlprobleme bei Leistungsgleichrichtern, Halbleiterprobleme, vol. II, sub redacţia lui Schottky W., Braunschweig, Friederich Vieweg, 1955, pag. 259—281.
[19] CARSLAW şi JAEGER: Conduction of Heat in Solids, Oxford University Press, 1947, § 83.
[20] ***: Realizări noi în fabricarea şi aplicaţiile semiconductorilor, Bucureşti, Institutul de documentare tehnică, 1960, vol. I, cap. 4.

Noi tipuri de celule redresoare cu seleniu

G. Mozeş, E. Lapedatu, C. Zaharia, A. Friedmann,*
L. Arabian, O. Radu, V. Bartoş şi L. Dedulescu ** — Bucureşti

Dezvoltarea mare a industriei noastre chimice, introducerea automatizărilor şi o serie de alte aplicaţii ale electrotehnicii moderne cer surse de curent continuu. Redresorul cu seleniu, uşor de fabricat, ocupă un domeniu de aplicaţii bine determinat în concurenţă cu alte tipuri de redresoare. În lucrare se arată posibilităţile de îmbunătăţire a performanţelor celulelor cu seleniu în condiţiile de fabricaţie din ţara noastră şi se prezintă noile tipuri de celule realizate de colectivele de la Institutul de cercetări electrotehnice (ICET) şi de la uzinele „Grigore Preoteasa" — celule parţial introduse în fabricaţia curentă.

CZ 621.315.59 : 546.23 : 621.314.63

1. Domenii de utilizare

Consumul de curent continuu a crescut considerabil în ultimele decenii, ajungînd în ţările industriale pînă la 20—25% din totalul de energie electrică produsă; paralel cu aceasta, s-a dezvoltat în mod corespunzător producţia de redresoare, atît sub aspect cantitativ cît şi sub aspect calitativ.

Datorită avantajelor economice şi tehnice pe care le prezintă în general redresoarele semiconductoare (randamentul de 96—99,8%, siguranţa de funcţionare, întreţinerea simplă, durata de utilizare practic nelimitată), se remarcă tendinţa de a se înlocui în multe domenii celelalte tipuri de redresoare.

La mijlocul deceniului trecut cînd s-a început fabricaţia primelor tipuri de redresoare de putere cu germaniu sau siliciu, s-a răspîndit opinia că acestea vor înlocui redresoarele cu seleniu, ţinînd seamă de avantajele specifice noilor tipuri: tensiunea inversă pînă la sute de volţi, curent de ordinul 50—150 A pe celulă, temperatură de funcţionare pînă la 140°C. Ulterior s-a constatat că această opinie nu este întrutotul justificată, din două motive:

— în unele domenii, redresoarele cu seleniu se pot utiliza mai avantajos decît cele cu siliciu sau germaniu;

— tehnologia de fabricaţie a celulelor redresoare cu seleniu este incomparabil mai simplă şi mai productivă decît tehnologia fabricării celulelor cu siliciu sau germaniu.

La redresoarele cu monocristale aproape tot procesul tehnologic se bazează pe prelucrarea individuală a fiecărei celule şi necesită un număr considerabil de operaţii executate în condiţii de puritate deosebită, pe cînd la celulele cu seleniu procesul tehnologic se bazează pe prelucrarea într-o singură operaţie a unor suprafeţe de ordinul metrilor pătraţi, numărul de operaţii este comparativ redus şi condiţiile de puritate sînt mai puţin pretenţioase.

* Colectiv de la ICET.
** Colectiv de la uzinele „Grigore Preoteasa".

În privința domeniilor de utilizare, literatura [1], [2] indică repartiția reprezentată schematic în figura 1, pentru diferitele tipuri de redresoare cu semiconductoare.

Pentru tensiuni înalte de 5.10^4—3.10^6 V, și curenți de 10^{-3}—10^{-2} A, redresoarele cu siliciu sau germaniu nu sînt folosite, deoarece legarea în serie a unui număr mare de elemente prezintă dificultăți serioase. Curba tensiune-curent în sens invers pentru celulele redresoare cu siliciu avînd o pantă foarte mică (sub tensiunea Zener) și curentul invers fiind același pentru toate celulele legate în serie, tensiunea se repartizează inegal, în așa măsură încît apare posibilitatea să fie depășită tensiunea de clacare pentru unele dintre celule. De asemenea, dependența pronunțată a curentului invers de temperatură — acesta dublîndu-se pentru fiecare 16°C — impune măsuri de protecție pentru fiecare celulă în parte. Este evident că aceste măsuri de protecție devin prohibitive cînd este vorba despre legarea în serie a 100—1 000 celule. La redresoarele cu seleniu legarea în serie nu prezintă nici o dificultate, și, de aceea, în acest domeniu de tensiune și curent, sînt folosite în exclusivitate.

Un alt domeniu în care folosirea redresoarelor cu seleniu este economică cuprinde tensiuni joase, sub 10^2V, și curenți între 10^{-3} și 10^5 A, la care funcționează două tipuri de redresoare fabricate în mare serie: redresoare pentru încărcarea acumulatoarelor și redresoare pentru galvanizare.

În cazul redresoarelor pentru galvanizare tensiunile necesare fiind sub 20—25 V, avantajul specific redresoarelor cu siliciu sau germaniu — tensiunea inversă mare — nu ar fi valorificat. Pe lîngă instalațiile de galvanizare folosite în industria constructoare de mașini și bunuri de consum, care necesită curenți de ordinul 10^2—10^3 A, se construiesc și sînt în exploatare redresoare cu seleniu pentru curenți de ordinul 10^5 A, la tensiuni între 10 și 50 V, utilizate la fabricația tablei cositorite sau la oxidarea aluminiului.

Redresoarele pentru încărcarea acumulatoarelor sînt în mare majoritate instalații mici, mobile, la care nu este rentabilă răcirea forțată cu aer sau ulei și care sînt totodată expuse la scurtcircuite ale sarcinii (sau la supraîncărcări de altă natură). Redresoarele cu seleniu sînt cele mai adecvate acestor condiții, deoarece răcirea naturală sau cu plăci de răcire este suficientă, iar rezistența la scurtcircuite și suprasarcini este unul dintre avantajele esențiale ale redresoarelor cu seleniu.

Pe lîngă cele două domenii amintite — tensiuni înalte la curenți mici și tensiuni joase (sub 50 V) la curenți între 10^{-3} și 10^5 A — în care utilizarea redresoarelor cu seleniu este mai avantajoasă în comparație cu a celor cu siliciu sau germaniu, redresoarele cu seleniu se folosesc — alături de redresoarele cu monocristale — pentru alimentarea motoarelor de mică putere, a arcelor de curent continuu, a releelor, pentru autoexcitația motoarelor sin-

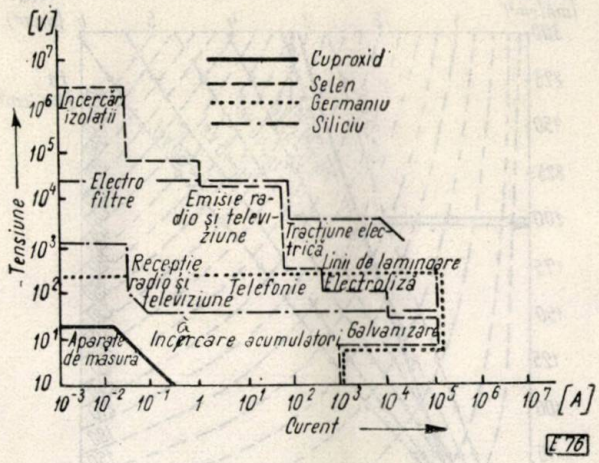


Fig. 1. Domeniile de utilizare a redresoarelor cu semiconductoare.

crone, la agregatele de sudură, la amplificatoarele magnetice, în emisia și recepția radiotelefonică și la o gamă largă de aparate electronice, pentru automatizări și telecomandă.

Utilizarea redresoarelor cu seleniu este prohibitivă în unele domenii ale curenților tari, cum ar fi instalațiile de electroliză, care necesită curenți de ordinul a 10^5 A, la tensiuni de 600—700 V (60—70 MV), la tracțiunea electrică sau în electronică, în domeniul frecvențelor peste 5—10 kHz.

După cum s-a arătat, particularitățile celulelor cu seleniu — fabricația simplă în comparație cu a celor cu siliciu sau germaniu, robustețea în exploatare, ușurința de conectare în serie și în paralel și mai ales îmbunătățirile aduse în ultimul deceniu proceselor de fabricație și performanțelor — au determinat ca în cele două mari domenii de utilizare amintite folosirea celulelor cu seleniu să fie mai avantajoasă decît a celor cu siliciu sau germaniu.

2. Căi de îmbunătățire a performanțelor celulelor cu seleniu

Obiectivul principal al îmbunătățirii performanțelor celulelor cu seleniu este creșterea puterii redresate specifice, fie prin creșterea tensiunii inverse, fie prin mărirea densității de curent admisibile.

În figura 2 este reprezentată grafic dependența dintre puterea redresată specifică P_{red}, densitatea de curent $j_{d\,med}$, tensiunea inversă U_i și pierderile specifice P_d admisibile.

În cazul în care creșterea puterii redresate specifice se realizează prin creșterea densității de curent, valoarea admisibilă, pentru $j_{d\,med}$.

este limitată de valoarea pierderilor în sens direct. Pentru creşterea densităţii de curent trebuie micşorată deci căderea de tensiune directă pe celule, astfel încît puterea pierdută,

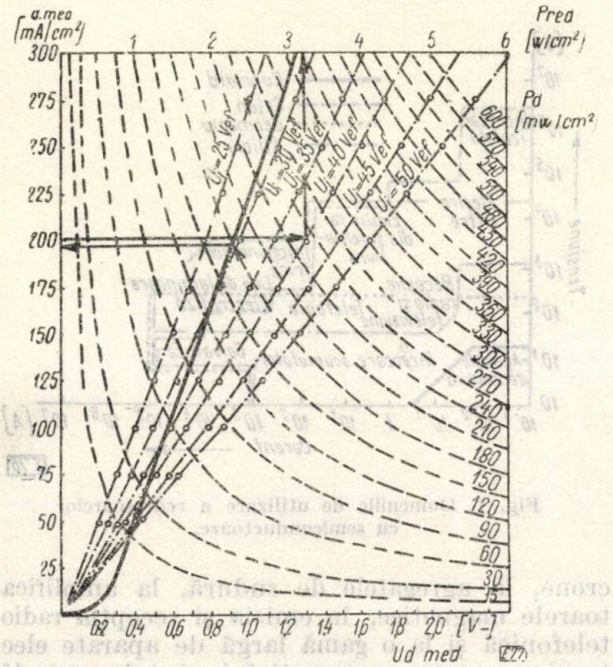


Fig. 2. Determinarea grafică a puterii redresate specifice în funcţie de densitatea de curent, tensiunea inversă şi pierderile admisibile.

respectiv supraîncălzirea celulelor, să nu depăşească valoarea admisă pentru tipul respectiv de celule, atît în condiţiile iniţiale de punere în funcţionare, cît şi la sfîrşitul duratei de viaţă utilă a celulelor.

Încălzirea celulelor montate în coloane şi funcţionînd cu răcire naturală în aer este dată de relaţia empirică :

$$\theta_s = 20K_c \frac{(U_{dmed} \times j_{dmed} + 0.45\, U_{\sim} \times j_{imed})\, S'}{SK_s} = 20K_c \frac{(P_d + P_i)\, S'}{SK_s}. \quad (1)$$

în care :

θ_s reprezintă supratemperatura celulelor, faţă de temperatura mediului ambiant, °C ;

P_d — pierderile specifice în sens direct, W/cm² ;

P_i — pierderile specifice în sens invers, W/cm² ;

S' — suprafaţa utilă a celulei, cm² ;

S — suprafaţa de răcire a celulei, cm² ;

K_s — un coeficient determinat experimental, depinzînd de dimensiunea celulelor şi de distanţa dintre celule ;

K_c — un coeficient determinat experimental, depinzînd de tipul constructiv al celulelor.

Dacă pentru un tip dat de celule se admite pentru condiţiile iniţiale temperatura de funcţionare de 60°C şi pentru sfîrşitul vieţii utile cea de 70°C, iar pentru scăderea tensiunii redresate la sfîrşitul vieţii utile se admite un procent de 10 %, faţă de tensiunea redresată iniţială, căderea de tensiune admisibilă în condiţiile iniţiale se calculează cu ajutorul relaţiilor (1), (2) şi (3).

Pentru condiţia iniţială $\theta_s = 60$°C (temperatura mediului ambiant fiind de 35°C), rezultă :

$$U_{dmed} = \frac{1}{j_{dmed}} \left[\frac{\theta_s \cdot K_s \cdot S}{20 \cdot K_c \cdot S'} - 0{,}45 \cdot U_{\sim} \cdot j_{imed} \right]; \quad (2)$$

pentru ca la sfîrşitul vieţii utile temperatura celulei să nu depăşească 70°C, trebuie să fie satisfăcută şi condiţia :

$$U_{dmed} \leqslant \frac{1}{j_{dmed}} \left[\frac{\theta_s \cdot K_s \cdot S}{18 \cdot K_c \cdot S'} - 0{,}5\, U_{\sim} \cdot j_{imed} \right] - 0{,}025\, U_{\sim}. \quad (3)$$

Pentru a spori deci densitatea de curent la celule cu aceeaşi tensiune inversă, în concordanţă cu formula (3), U_{dmed} trebuie redus. În cazul în care sporirea puterii redresate specifice se face prin creşterea tensiunii inverse, puterea pierdută în sens invers se menţine la valoare constantă prin alegerea tensiunii inverse nominale astfel încît produsul $U_{imed} \times j_{imed}$ să rămînă constant.

Evident, soluţia cea mai convenabilă pentru sporirea puterii redresate specifice ar fi creşterea concomitentă a densităţii de curent şi a tensiunii inverse. În cazul redresoarelor cu seleniu acest deziderat este dificil de realizat, deoarece în majoritatea cazurilor modificările aduse pentru micşorarea căderii de tensiune fac să se reducă şi tensiunea inversă ; sau, în cazul creşterii rezistenţei stratului de baraj, pentru a se spori tensiunea inversă se sporeşte şi căderea de tensiune în sens direct [3].

Această variantă este deci posibilă numai atunci cînd se măreşte stabilitatea termică a celulelor. În acest caz, pierderile admisibile pe celule fiind mai mari, se admit densităţi de curent mărite.

Soluţiile utilizate cel mai frecvent se bazează pe creşterea densităţii de curent pînă la 50 — 100 mA/cm² la tensiuni inverse de 25 — 30 V_{ef} sau tensiuni inverse de 35 — 60 V_{ef} la densităţi de curent de maximum 25 mA/cm². Aceste două soluţii sînt avantajoase deoarece pentru cele două domenii de utilizare specifice redre-

soarelor cu seleniu — tensiuni mari şi curenţi mici sau curenţi mari şi tensiuni mici — cele două tipuri de celule se pot folosi economic.

3. Tipuri de celule studiate şi fabricate în R.P.R.

Ţinînd seamă de cele arătate, au fost studiate în laborator posibilităţile de sporire a puterii redresate specifice faţă de primele tipuri de celule elaborate la ICET [4] şi introduse în fabricaţie în prima etapă la uzinele „Grigore Preoteasa".

Creşterea puterii redresate a fost realizată la noile tipuri de celule fie prin creşterea tensiunii inverse (tip SV-1), fie prin creşterea densităţii de curent (tip SV-3), fie prin creşterea concomitentă a densităţii de curent şi a tensiunii inverse prin mărirea stabilităţii termice a celulelor (tip SV-2).

Dintre aceste variante, tipul SV-1 a fost introdus în fabricaţia curentă, iar la tipul SV-3 sînt în curs lucrările pentru asimilarea producţiei industriale.

3.1. *Celule cu tensiune inversă mărită* (tip SV-1)

Pentru mărirea puterii redresate specifice prin creşterea tensiunii inverse, literatura de specialitate şi patentele [5], [6] şi [7] indică mai multe soluţii, care se bazează pe unul dintre următoarele principii:

a) Aplicarea peliculelor de lacuri izolante între stratul de seleniu şi contraelectrod, cu scopul de a mări rezistenţa în sens de blocare.

b) Alegerea convenabilă a compoziţiei şi structurii semiconductorului de tip n, care, în contact cu stratul de seleniu de tip p, determină calitatea joncţiunii p-n.

c) Dotarea semiconductorului de tip n cu metale trivalente.

Prin folosirea straturilor intermediare ale lacurilor se sporeşte considerabil tensiunea inversă, în schimb se introduce o rezistenţă aproape simetrică în ambele sensuri ale curentului, mărindu-se din această cauză şi căderea de tensiune directă. Această soluţie este avantajoasă pentru redresoarele de tensiune înaltă şi curenţi pînă la 10—15 mA.

Soluţia de la punctul b permite o varietate nelimitată de posibilităţi, dintre care cele mai frecvent utilizate sînt variantele cu straturi de baraj din CdS în amestec cu CdSe [8], cu CdSe depusă prin evaporare sub vid pentru a se obţine o structură cristalină hexagonală [9] şi cu straturi de seleniu pur, care reacţionează cu cadmiul din contraelectrod.

În a treia categorie de soluţii se încadrează adaosurile de taliu în contraelectrod sau depunerile de taliu între stratul de seleniu şi contraelectrod. Această soluţie este simplă şi eficace, însă dacă nu se iau măsuri de precauţie poate produce creşterea în timpul funcţionării a rezistenţei în sens direct prin difuzia în adîncime a taliului în stratul de seleniu.

La elaborarea celulelor tip SV-1 s-a adoptat o construcţie care constă în combinarea soluţiilor descrise la punctele b şi c; taliul a fost introdus în contraelectrodul de staniu-cadmiu în concentraţie de 8.10^{-3} %, iar pentru limitarea difuziei în masa de seleniu, la suprafaţa stratului de seleniu s-a realizat o soluţie solidă de sulf în seleniu. Construcţia celulelor realizate în acest mod este prezentată în figura 3.

Placa de aluminiu are rolul de electrod şi de suport, grosimea optimă alegîndu-se în funcţie de două criterii: rezistenţa mecanică şi conductibilitatea termică. Suprafaţa plăcii de aluminiu se sablează, pentru a se asigura aderenţa straturilor de bismut şi seleniu şi pentru a se mări suprafaţa de contact.

Contactul electric dintre aluminiu şi seleniu trebuie să fie neredresor. În acest scop, peste placa de aluminiu se depune — la un vid de $5—1.10^{-4}$ mm col. Hg — un strat de bismut, care are un dublu rol: în timpul depunerii sub vid vaporii de bismut pătrund în porii crustei de oxid de pe suprafaţa aluminiului, iar la răcire se dilată, spărgînd crusta de oxid şi stabilind un contact electric bun între aluminiu şi straturile următoare; în cursul operaţiilor tehnologice următoare, bismutul reacţionează cu seleniul, formînd Bi_2Se_3, astfel încît contactele care rezultă între straturile de Al, Bi_2Se_3 şi Se prezintă o rezistenţă mică în ambele sensuri ale curentului.

Limitele de grosime pentru stratul de bismut se aleg între 0,5 şi 1,5 μ, ţinînd seamă de două criterii: grosimea stratului de bismut să fie cît mai mică, pentru a se evita introducerea unei rezistenţe suplimentare în sens direct, însă să fie suficientă pentru a se asigura o peliculă continuă.

În instalaţia de producţie industrială operaţia de bismutare se execută simultan pe şapte plăci de aluminiu de 600 × 200 mm, aşezate pe un tambur heptagonal rotativ, plăcile trecînd succesiv prin faţa unui evaporator încălzit la 700°C, care conţine bismut metalic. Productivitatea operaţiei este mare; în decurs

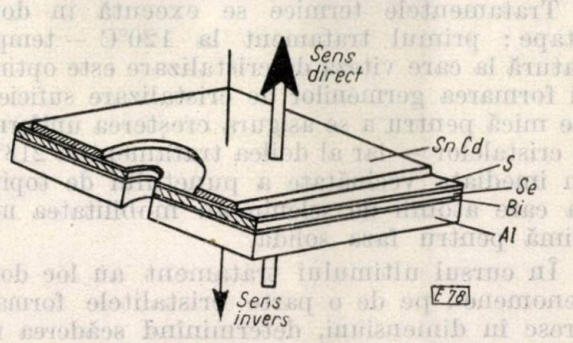


Fig. 3. Structura celulelor de tip SV-1.

de 20—25 min se bismutează un lot de plăci totalizînd o suprafață de 0,84 m^2.

Peste stratul de bismut se depune, tot prin evaporare în vid, un strat de seleniu cu grosimea de 45—60 μ.

Seleniul utilizat se purifică în prealabil pe cale chimică și prin distilare sub vid [4], pînă la o puritate de cel puțin 99,996%, corespunzătoare unei rezistivități de $1{,}3.10^4$ Ωcm și se dotează cu 3.10^{-2} % brom, pentru micșorarea rezistivității pînă la $1{,}4.10^3$ Ωcm.

Condiții importante la depunerea seleniului sînt temperatura de condensare și viteza de evaporare a seleniului. Temperatura de condensare este determinată, pe lîngă încălzirea directă a plăcilor de aluminiu bismutate, de căldura latentă de condensare a seleniului și de radiația evaporatorului de seleniu, astfel încît procesul este deosebit de pretențios. De exemplu, la temperaturi de condensare scăzute, sub 85°C, axa cristalografică c este orientată perpendicular pe placa-suport și determină apariția scurtcircuitelor; la temperaturi peste 100°C apar defecte vizibile ale stratului de seleniu, datorită scăderii tensiunii superficiale a seleniului, iar la temperaturi și mai înalte seleniul se depune cristalin, determinînd o cădere mare de tensiune pe celulă.

La temperatura de condensare și viteza de evaporare optime seleniul se depune uniform, în modificație amorfă, orientată astfel încît după cristalizare axa cristalografică c să fie paralelă cu placa-suport. Operația de selenizare se execută în instalații de vid asemănătoare celor de bismutare, prevăzute cu posibilități de reglare a temperaturii de condensare. Depunerea seleniului pe o suprafață de 0,84 m^2 — care constituie o șarjă — durează circa 30 min.

Unul dintre avantajele principale ale depunerii seleniului în vid este orientarea convenabilă a moleculelor de seleniu încă din stare amorfă, orientare care se păstrează în cursul tratamentelor termice pentru cristalizare.

Tratamentele termice se execută în două etape: primul tratament la 120°C — temperatură la care viteza de cristalizare este optimă și formarea germenilor de cristalizare suficient de mică pentru a se asigura creșterea uniformă a cristalelor — iar al doilea tratament la 218°C, în imediata vecinătate a punctului de topire, la care atomii de seleniu au mobilitatea maximă pentru faza solidă.

În cursul ultimului tratament au loc două fenomene: pe de o parte cristalitele formate cresc în dimensiuni, determinînd scăderea rezistivității de la 8.10^3 la $1{,}4.10^3$ Ωcm, pe de altă parte din straturile superficiale ale seleniului se evaporă parțial adaosul de brom. Acest ultim fenomen este important în procesul de formare a stratului de baraj, care are loc în cursul operațiilor ulterioare.

Tratamentul termic la 218°C cere precizie și reproductibilitate mare și din această cauză se execută într-un cuptor-tunel în care drept mediu de încălzire și regulator de temperatură se utilizează naftalina, la temperatura de fierbere.

După tratamentul termic la 218°C suprafața seleniului este pregătită pentru realizarea stratului de baraj, la formarea căruia contribuie următoarele fenomene:

— evaporarea superficială a bromului din seleniu;

— difuzia sulfului în straturile superficiale ale seleniului;

— formarea unui strat de seleniură de cadmiu;

— difuzia taliului din contraelectrod în stratul de seleniură de cadmiu.

Sărăcirea în brom a stratului superficial de seleniu are rolul de a reduce concentrația de acceptori în seleniul care reacționează cu cadmiul și implicit în stratul de seleniură de cadmiu, astfel încît trecerea de la semiconductorul de tip p la cel de tip n are loc mai lent, joncțiunea obținută prezentînd rezistență mare în sensul de blocare.

Stratul de soluție solidă de sulf în seleniu are un rol complex, incomplet elucidat în literatură. S-a stabilit prin experiențe că straturile de baraj la celulele sulfurate formate din Cd(Se,S) permit realizarea celulelor cu tensiune inversă mai mare, accelerează procesul de electroformare, măresc stabilitatea celulelor și reduc tendința de îmbătrînire în funcționare care se manifestă de obicei la celulele nesulfurate cu conținut de taliu în contraelectrod.

Sulfurarea se realizează într-un cuptor-tunel împărțit în două sectoare cu temperatură reglabilă independent, primul servind pentru preîncălzirea celulelor iar al doilea pentru difuzia sulfului din faza gazoasă în seleniul preîncălzit.

Procedeul cere precizie; durata și temperatura de sulfurare influențează sensibil căderea de tensiune, tensiunea inversă și stabilitatea celulelor. Celulele sulfurate în condiții optime trebuie să aibă căderea de tensiune de 0,45—0,65 V dacă celulele executate în aceleași condiții, însă nesulfurate, au căderea de tensiune de 0,30—0,40 V și tensiunea inversă 25—40 V_{ef}, față de 15—22 V_{ef} la celulele nesulfurate.

Formarea Cd(Se,S) se realizează prin depunerea peste stratul de seleniu sulfurat a unui strat de aliaj staniu-cadmiu cu punctul de topire la 172°C, dotat cu taliu în concentrație de 0,008%. Depunerea acestui strat se face prin pulverizarea aliajului topit, care venind în contact cu suprafața soluției solide de sulf cu seleniu reacționează, formînd Cd(Se, S) și Sn(Se,S). Acest ultim component joacă un rol secundar în procesul de redresare. Stratul de aliaj staniu-cadmiu constituie al doilea electrod.

Tensiunea inversă a celulelor după această operație este de numai 10—20 V_{ef}. Pentru creșterea tensiunii inverse celulele se supun electroformării, trecînd prin ele curent pulsatoriu în sensul de blocare de 7—10 ori mai mare decît curentul invers nominal. În cursul procesului de electroformare rezistența stratului de baraj crește; pentru a menține constant curentul de electroformare, tensiunea aplicată se sporește progresiv de la 20 V_{ef} la 60 V_{ef}. În cursul acestui proces se petrec două fenomene: datorită încălzirii celulelor reacția dintre cadmiu și seleniu, respectiv sulf, progresează, avînd loc o îngroșare a stratului de baraj l; totodată, datorită cîmpului electric aplicat, are loc micșorarea concentrației de purtători de sarcină n_A în stratul de baraj. Cantitativ, aceste fenomene sînt reprezentate grafic în figura 4.

După electroformare tensiunea inversă ajunge, la tipul de celule descris, la 25—40 V_{ef}.

Ultima operație în procesul tehnologic este sortarea celulelor după caracteristicile electrice.

3.1.1. *Caracteristicile electrice ale celulelor de tip* SV-1. Curba tensiune-curent la tipul de celule SV-1 (fig. 5) a fost ridicată în baza schemei descrise de Rathaus [10], care permite aplicarea în sens direct a unui curent sinusoidal de o singură alternanță, iar în sens invers a

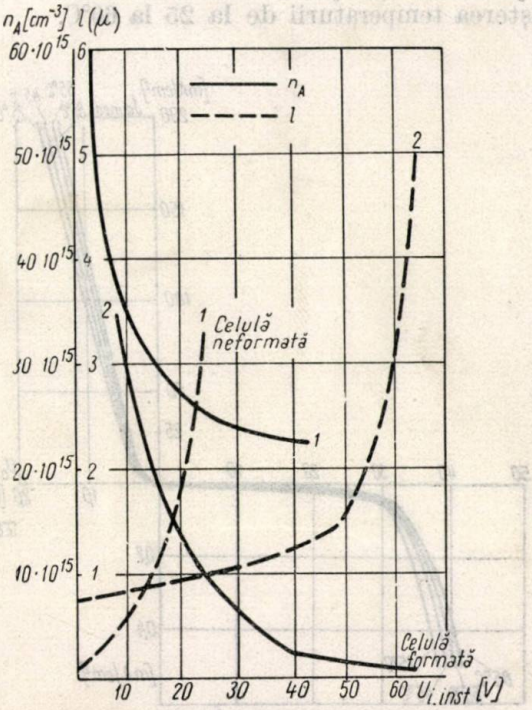


Fig. 4. Concentrația purtărilor n_A și grosimea stratului de baraj l în funcție de tensiunea inversă, înainte și după electroformare.

unei tensiuni sinusoidale de asemenea de o singură alternanță. Această metodă de măsurare dă valori apropiate de caracteristica celulelor în timpul funcționării, datele obținute putîndu-se folosi pentru proiectarea redresoarelor.

La acest tip de celule, la începutul perioadei de funcționare temperatura nu trebuie să

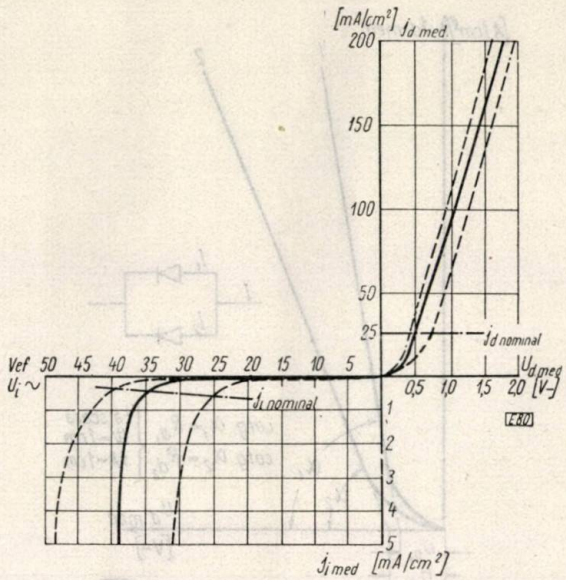


Fig. 5. Caracteristica tensiune-curent la celulele de tip SV-1 :
— — — valori-limită;
——— curba reprezentativă pentru tipul SV-1.

depășească 65°C, iar la sfîrșit să fie de 75°C. Calculînd valorile maxime cu ajutorul relațiilor (2) și (3) rezultă că se pot folosi celule cu cădere de tensiune pînă la 0,75 V, densitatea de curent nominală fiind de 25 mA/cm^2. Tensiunea nominală este cuprinsă între 25 și 40 V_{ef}.

Dispersia curbelor tensiune-curent între limitele arătate în figura 5 este normală pentru fabricația celulelor cu seleniu, dispersia caracteristicilor fiind un fenomen general pentru toate tipurile de dispozitive semiconductoare. Pentru legarea în paralel nu se cer măsuri de protecție speciale, fiind suficientă sortarea pe grupe a celulelor după căderea de tensiune, ținîndu-se seamă de două criterii, și anume: suprasarcina care apare la legarea în paralel a celulelor cu rezistență directă diferită să nu depășească valoarea admisibilă și totodată numărul de grupe de sortare să fie cît mai mic. Considerînd două celule cu caracteristica 1 și 2 (fig. 6), care se leagă în paralel, curentul prin fiecare celulă va fi dat de relațiile :

$$j'_{d\,med}\,S = \frac{U_{p2} - U_{p1} + R_{d2}\,I}{R_{d1} + R_{d2}}; \qquad (4)$$

$$j''_{d\,med}\,S = I - j'_{d\,med}\,S. \qquad (5)$$

În formulele (4) și (5) se notează cu $j'_{d\,med}$ și $j''_{d\,med}$ densitățile curentului prin fiecare celulă,

I fiind curentul total, iar S — suprafața utilă a celulei. În cazul dispersiei curbelor din figura 5, dacă se trece un curent total egal cu 50 mA, $j'_{d\,med}$ este de 45 mA/cm², depășind cu 20 mA densitatea curentului nominal, iar $j''_{d\,med}$ este

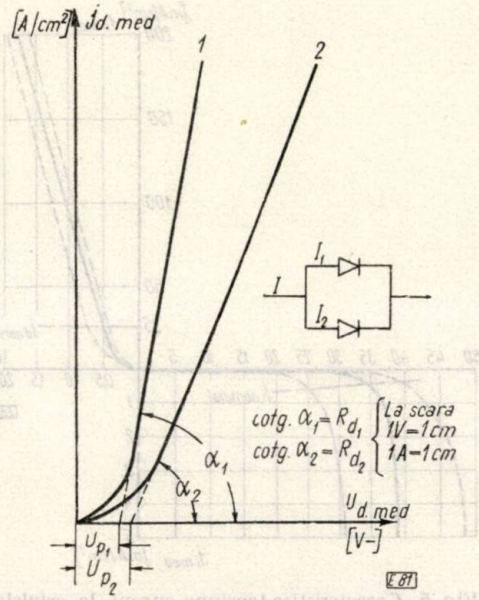


Fig. 6. Caracteristica tensiune-curent în sens direct, valori-limită.

numai de 5 mA/cm², ceea ce corespunde, pentru celula 1, la o supratemperatură de 29,5°C, calculată cu ajutorul relației (1), depășind valoarea admisibilă pentru începutul funcționării. Punînd condiția ca supratemperatura să nu depășească 20°C în cazul cel mai nefavorabil, adică la celulele cu $U_{d\,med} = 0{,}75$ V, rezultă că aceasta nu poate fi legată în paralel decît cu o celulă cu $U_{d\,med}$ mai mare sau cel mult egală cu 0,65 V ; în caz contrar, supratemperatura acestei celule va depăși limita admisă. De aici rezultă necesitatea ca la o dispersie de fabricație cuprinsă între 0,35 și 0,75 V celulele să fie sortate în patru grupe de cîte 0,1 V. De asemenea, la legarea în serie, spre deosebire de redresoarele cu siliciu sau germaniu, nu se cere o protecție specială pentru repartiția uniformă a tensiunii, fiind suficientă satisfacerea uneia dintre următoarele condiții :

— coloanele pentru tensiuni joase să se asambleze din celule sortate. Este suficientă sortarea din cinci în cinci volți (clasa F 25—30 V_{ef}, clasa G 30—35 V_{ef}, clasa H 35—40 V_{ef}), aplicînd pe coloană tensiunea inferioară clasei de celule din care este asamblată ;

— la redresoarele pentru tensiune înaltă, unde este necesară legarea în serie a cîtorva mii de celule, este dificilă alegerea în fabricația curentă a celulelor dintr-o singură clasă. În acest caz este posibilă montarea celulelor din diferite clase, cu condiția ca tensiunea aplicată să nu depășească valoarea calculată prin relația :

$$U_{tr} = \frac{N}{100}(a_F \cdot 25 + a_G \cdot 30 + a_H \cdot 35), \qquad (6)$$

unde N este numărul total de celule, iar a_F, a_G, a_H — procentul de celule din fiecare clasă.

Curba tensiune-curent reprezentată în figura 5 a fost ridicată prin măsurători instantanee, temperatura celulelor fiind apropiată de temperatura ambiantă. În timpul funcționării la temperatura ambiantă normală, pînă la 35°C, temperatura celulelor ajunge la 55—60°C, iar caracteristica celulelor, în sens direct și invers, se deplasează (fig. 7). În sensul direct predomină efectul datorit coeficientului de temperatură al seleniului, care, fiind negativ, determină scăderea lui U_d cu creșterea temperaturii. Acest fenomen este important mai ales cînd se lucrează la densități de curent mărite, utilizînd răcirea forțată. În acest caz, U_d la 60°C scade față de U_d la 25°C cu aproximativ 0,1 V.

În sensul de blocare fenomenul este mai complex, intervenind și coeficientul de temperatură al stratului de baraj. Spre deosebire de celulele cu siliciu, la care pentru fiecare 16°C curentul invers se dublează, la celulele cu seleniu de tip SV-1 curentul invers scade aproape la jumătate (în jurul tensiunii nominale) la creșterea temperaturii de la 25 la 60°C.

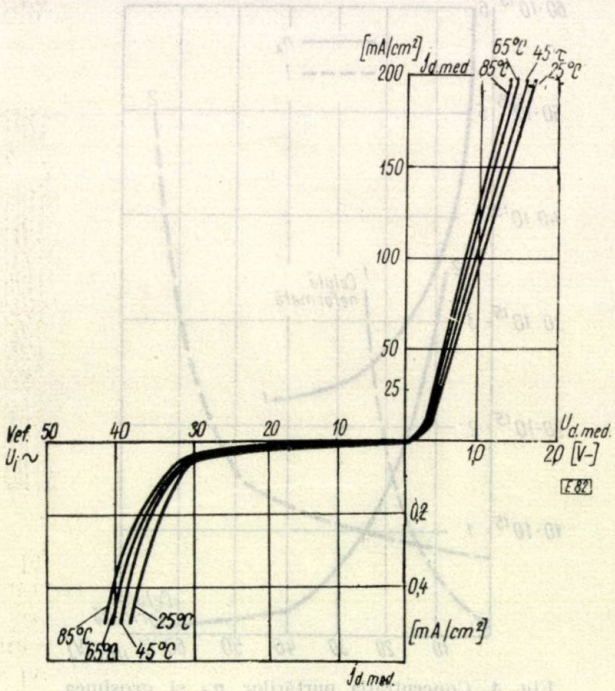


Fig. 7. Curba tensiune-curent pentru celule de tip SV-1 la diferite temperaturi.

În timpul funcționării celulelor, datorită fenomenelor de difuzie, coeficientul de temperatură variază în timp. În cazul fabricației

normale, coeficientul de temperatură în sens direct variază puțin (fig. 8, curba *1*), pe cînd în cazul unor defecțiuni de fabricație acesta variază mult, putînd să-și schimbe semnul în prima perioadă de funcționare (curba *2*).

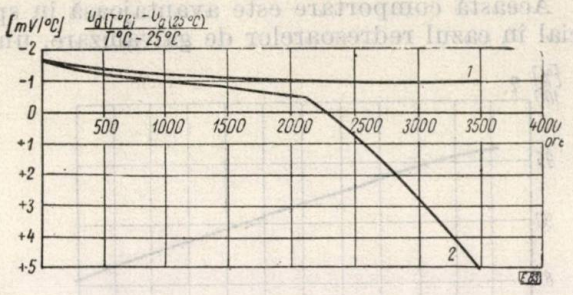


Fig. 8. Variația în timp a coeficientului de temperatură pentru U_d în intervalul 25—70°C, la $j_{d\ med}$ = = 25 mA/cm².

În astfel de cazuri celulele funcționează în condiții dezavantajoase, deoarece creșterea lui U_d determină creșterea temperaturii de funcționare și accelerează îmbătrînirea.

În sensul de blocare, coeficientul de temperatură crește în timp, avantajînd funcționarea celulelor (fig. 9).

În timpul funcționării, în special în semiperioada inversă, în celulă apar cîmpuri intense care determină difuzia acceptorilor din seleniu (de exemplu Br^-) spre stratul de baraj și a donorilor (de exemplu Tl^{3+}) dinspre contraelectrod spre seleniu. În cazul în care predomină primul fenomen, rezistența în sensul de blocare (îmbătrînirea în sensul invers) scade în timp, iar în cazul în care predomină al doilea fenomen rezistența în sensul direct (îmbătrînirea în sensul direct) crește.

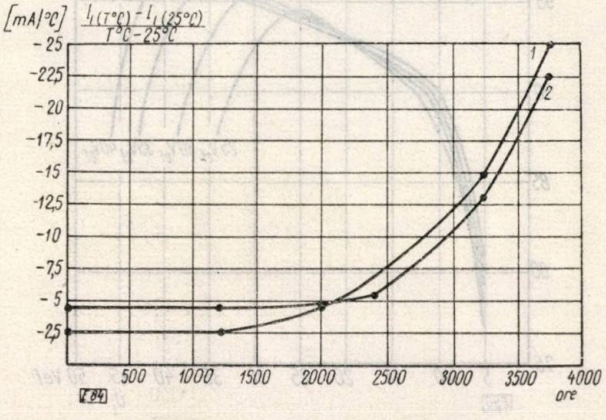


Fig. 9. Variația în timp a coeficientului de temperatură pentru I_i, în intervalul 25—70°C.

Temperatura de funcționare a celulelor accelerează procesul de difuzie și din această cauză trebuie limitată la valori care asigură o stabilitate convenabilă pentru fiecare tip constructiv de celulă. Curbele de îmbătrînire pentru celulele de tip SV-1 sînt date în figurile 10 și 11.

După cum se observă, la acest tip de celule apare îmbătrînirea numai în sens direct, și

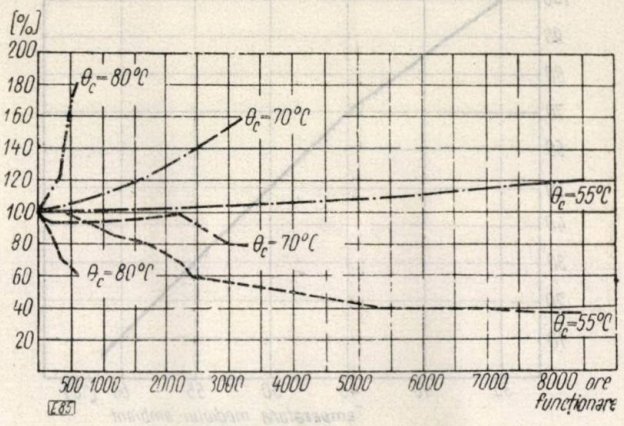


Fig. 10. Variația în timp a căderii de tensiune și a curentului invers în funcție de temperatura de funcționare a celulelor θ_c:
— · — · — U_d;
— — — — $i_{i\ med}$.

aceasta este cu atît mai accentuată cu cît temperatura este mai ridicată. De aici rezultă că în cazul temperaturilor ambiante peste cea normală (35°C) trebuie redusă densitatea de curent (fig. 12), astfel încît temperatura de funcționare să nu depășească 65°C.

Cînd se lucrează la densități de curent peste cea nominală se utilizează răcirea forțată cu aer, ulei sau plăci de răcire. Plăcile de răcire se pot utiliza în mod eficace pînă la dimensiuni de celule de maximum 100×100 mm, la o suprafață a plăcilor de răcire de 3—4 ori mai mare decît suprafața celulei, lucrîndu-se la densități de curent de 2,5 $j_{d\ nominal}$. Răcirea cu aer sau ulei se utilizează la celule pînă la 300×200 mm. La răcirea cu aer la viteze de 3—5 m/s celulele se pot solicita cu o densitate de curent de 3—5 $j_{nominal}$ fără să se depășească temperatura de 60°C, iar în ulei în funcție de condițiile de răcire

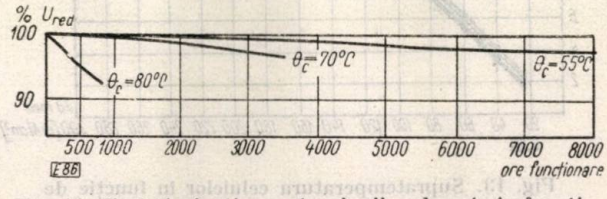


Fig. 11. Variația în timp a tensiunii redresate în funcție de temperatura de funcționare a celulelor, θ_c.

supratemperatura de 20°C se atinge la densități de curent de 8 $j_{d\ nominal}$ (fig. 13).

În cazul funcționării în regim intermitent cu ciclu mai mic de 10 min se admit suprasarcini

importante fără să fie necesară răcirea forțată. Valorile admisibile pentru suprasarcină se stabilesc în funcție de timpul de funcționare (T_f), timpul de repaus (T_r), în funcție de valorile

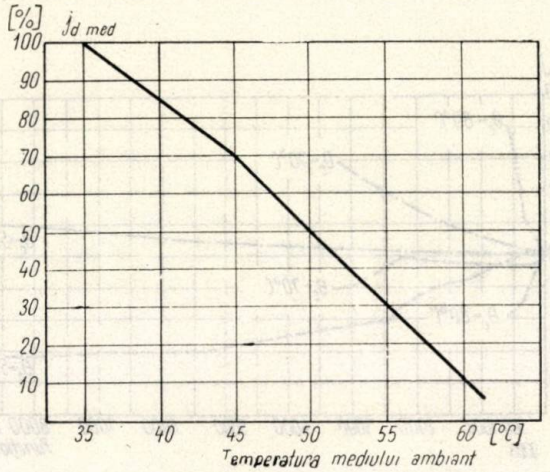


Fig. 12. Valorile admisibile pentru curentul redresat la temperaturi ambiante peste 35°C.

nominale ale densităților de curent (j_{dn}) și căderii de tensiune (U_{dn}):

$$j_d = \frac{U_{dn} R_d + j_{dn}}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(U_{dn} R_d - j_{dn})^2 + 40\, U_{dn} j_{dn} R_d T_f^{-1}} \qquad (7)$$

Un factor important, în special la redresoarele de putere mare, este randamentul celu-

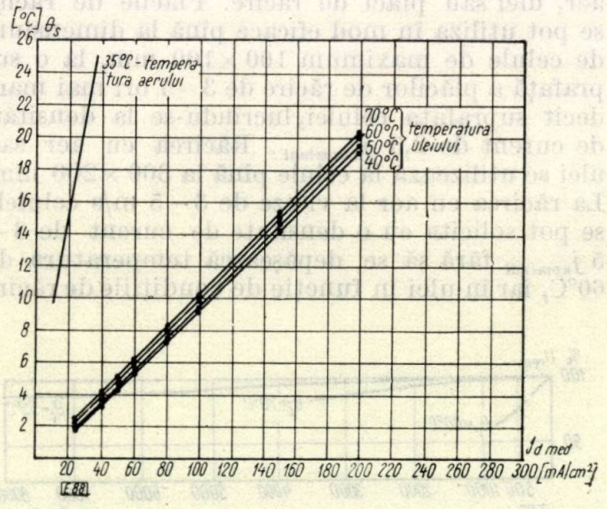


Fig. 13. Supratemperatura celulelor în funcție de sarcină la funcționarea în aer și ulei pentru celulele de tip SV-1.

lelor, care, în condiții normale de exploatare, este de 95–97% (în montaj monoalternanță), în funcție de clasa și grupa celulelor, și scade cu creșterea sarcinii (fig. 14).

Deci, la alegerea curentului de sarcină trebuie să se țină seamă, pe lîngă condițiile de răcire, și de variația randamentului.

Randamentul, în funcție de tensiunea aplicată, variază puțin, cu 3–4%, în intervalul 15–40 V_{ef} (fig. 15).

Această comportare este avantajoasă în special în cazul redresoarelor de galvanizare, unde

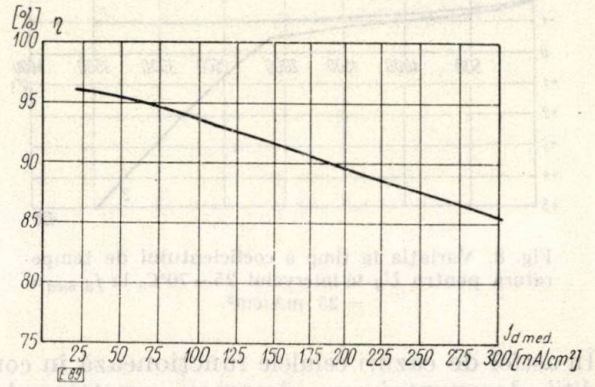


Fig. 14. Randamentul celulelor de tip SV-1 în funcție de sarcină.

se aplică de obicei mai puțin de 20 V_{ef} pe celulă. În condițiile nominale de funcționare, la densități de curent de 25 mA/cm² și tensiunea inversă de 25–40 V_{ef}, puterea redresată specifică este de 0,3–0,4 W/cm².

3.2. *Celule cu densitate de curent mărită* (tip SV-3)

Pentru creșterea densității de curent există doi parametri asupra cărora se poate acționa:

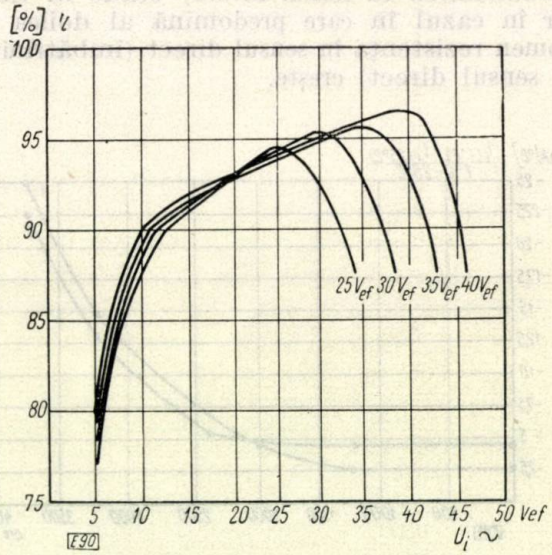


Fig. 15. Randamentul celulelor de tip SV-1 în funcție de tensiunea aplicată.

reducerea tensiunii de prag (U_p) sau creșterea pantei porțiunii liniare a curbei tensiune-curent (fig. 6). În timp ce primul depinde de stratul de baraj, al doilea depinde în special de con-

ductibilitatea stratului de seleniu. Creşterea conductibilităţii stratului de seleniu prin dotare puternică ar determina reducerea tensiunii inverse, anulînd avantajul realizat prin creşterea densităţii de curent.

Creşterea densităţii de curent fără reducerea tensiunii inverse a fost realizată prin dotarea puternică a contraelectrodului SnCd cu taliu [8], [11], acţionînd astfel concomitent asupra tensiunii de prag şi a pantei.

În acest caz acţiunea taliului se manifestă prin reducerea concentraţiei de purtători de sarcină (n_A) în stratul de baraj, ceea ce asigură tensiunea inversă, fără a produce îngroşarea stratului de baraj [11] (fig. 16).

În cazul în care aliajul SnCd conţinînd taliu se depune pe seleniu cristalizat (curba 2), reducerea concentraţiei purtătorilor de sarcină este

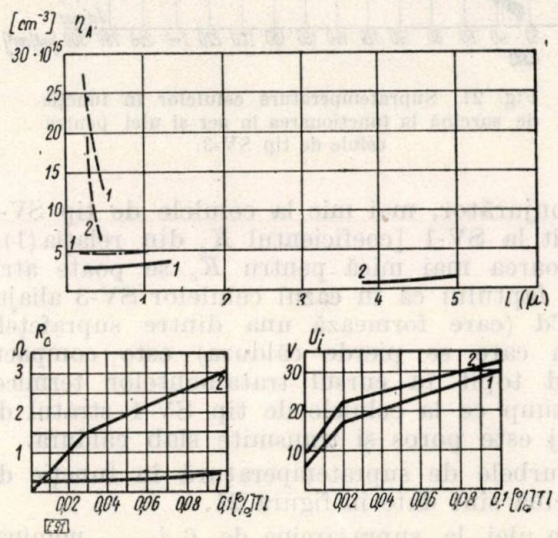


Fig. 16. Efectul concentraţiei de taliu şi tratamentului termic asupra concentraţiei purtătorilor de sarcină n_A, a grosimii stratului de baraj l, a rezistenţei directe R_d şi a tensiunii inverse $U_{i\sim}$.

însoţită de creşterea grosimii stratului de baraj, determinînd creşterea concomitentă a căderii de tensiune.

Condiţia esenţială pentru ca adaosul de taliu să fie eficient este ca tratamentele pentru cristalizarea seleniului să fie executate după ce în prealabil aliajul de SnCd dotat cu taliu a fost depus pe stratul de seleniu amorf (curba 1, tratament închis). Evident, o importanţă deosebită prezintă concentraţia de taliu în aliajul de SnCd şi parametrii tratamentelor termice. Restul operaţiilor tehnologice şi utilajele necesare sînt identice celor folosite pentru celulele tip SV-1.

Concentraţia optimă de taliu în aliajul SnCd se situează în jurul valorii de 0,02% taliu (fig. 17), iar durata optimă a tratamentului termic la 218°C este cuprinsă între 25 şi 30 min (fig. 18).

3.2.1. *Caracteristicile celulelor de tip* SV-3. Supratemperatura celulelor de tip SV-3 nu depăşeşte 25—26°C la densitatea de curent de 50 mA/cm², ceea ce permite exploatarea celulelor

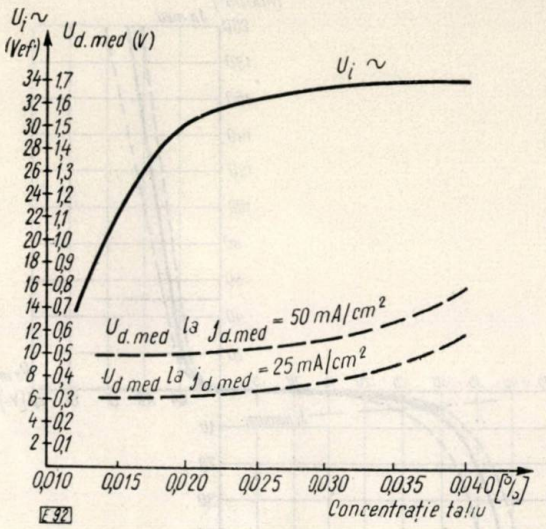


Fig. 17. Efectul concentraţiei de taliu asupra căderii de tensiune U_{dmed} şi a tensiunii inverse $U_{i\sim}$.

fără răcire forţată la densitate de curent dublă faţă de celulele de tip SV-1.

Curba tensiune-curent pentru acest tip de celulă este dată în figura 19. Tensiunea inversă nominală este de 25—30 V_{ef} (clasele F şi G), iar la densitatea de curent nominală de 50 mA/cm² căderea de tensiune este cuprinsă între 0,45 şi 0,6 V.

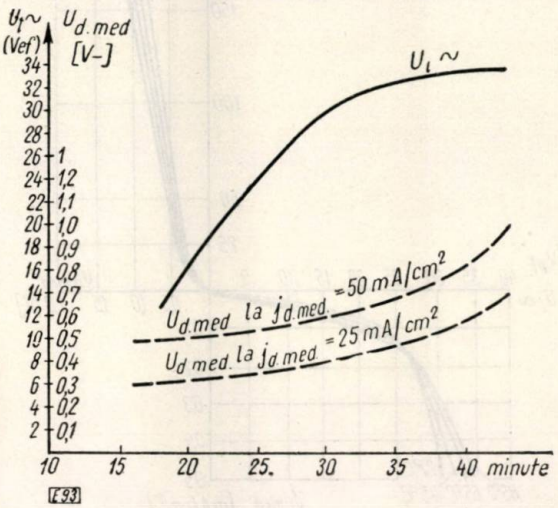


Fig. 18. Efectul duratei tratamentului termic la 218°C asupra căderii de tensiune U_{dmed} şi a tensiunii inverse $U_{i\sim}$.

Tensiunea de prag mică, de 0,3—0,25 V, şi panta mare a curbei în sens direct, de 11—14° (faţă de 0,25—0,5 V şi 7° la SV-1) fac ca acest tip de celule să fie utilizabil avantajos la den-

sitatea de curent nominală de 50 mA/cm² şi în special la densităţi mari de curent cu răcire forţată.

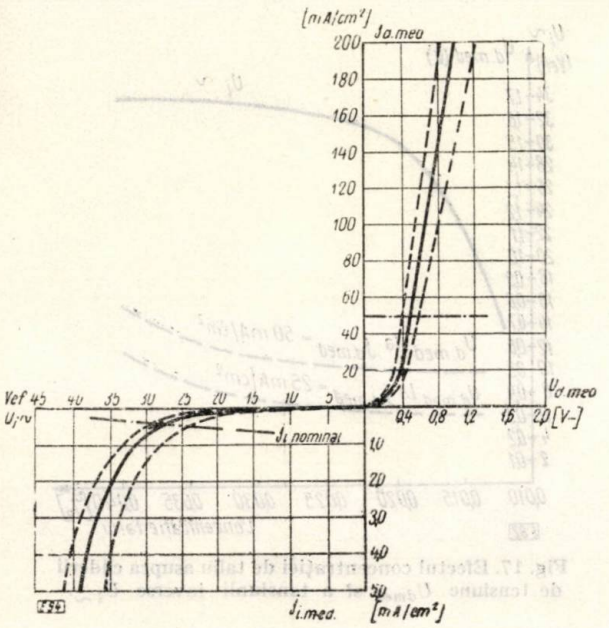


Fig. 19. Caracteristica tensiune-curent la celulele de tip SV-3 :
— — — valori limită ;
——— curba reprezentativă pentru tipul SV-3.

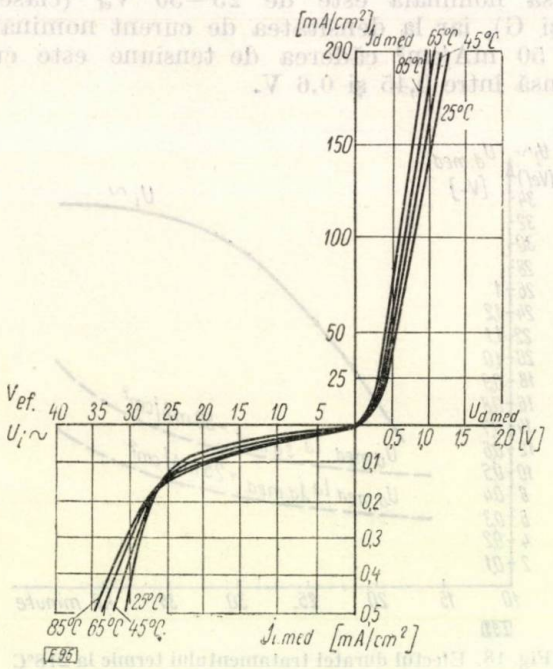


Fig. 20. Curba tensiune-curent pentru celulele de tip SV-3 la diferite temperaturi.

La temperatura de funcţionare de aproximativ 60°C panta curbei în sens direct creşte cu încă 2–3°, iar în sensul invers curentul scade de la 0,4 la 0,25 mA/cm² (fig. 20).

Posibilităţile de răcire forţată sînt de asemenea mai avantajoase, datorită coeficientului de transmisie a căldurii de la celulă la mediul

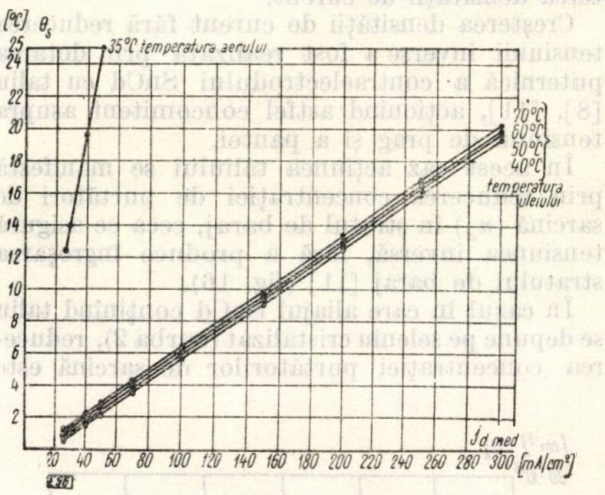


Fig. 21. Supratemperatura celulelor în funcţie de sarcină la funcţionarea în aer şi ulei pentru celule de tip SV-3.

înconjurător, mai mic la celulele de tip SV-3 decît la SV-1 [coeficientul K_c din relaţia (1)]. Valoarea mai mică pentru K_c se poate atribui faptului că în cazul celulelor SV-3 aliajul SnCd (care formează una dintre suprafeţele prin care se pierde căldura) este compact, fiind topit în cursul tratamentelor termice, în timp ce la celulele de tip SV-1 stratul de aliaj este poros şi transmite slab căldura.

Curbele de supratemperatură în funcţie de sarcină sînt date în figura 21.

În ulei, la suprasarcina de 6 $j_{d\,med}$ nominal — 300 mA/cm² — supratemperatura nu depă-

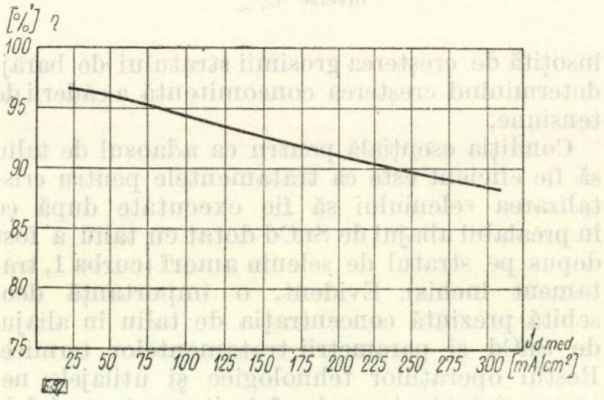


Fig. 22. Randamentul celulelor de tip SV-3 în funcţie de sarcină.

şeşte 20°C. Panta curbei tensiune-curent fiind mai mare la celulele de tip SV-3, la suprasarcini randamentul scade mai puţin decît la celulele de tip SV-1 (fig. 22).

La sarcină nominală randamentul celulelor este de 96%, iar la suprasarcini pînă la 300 mA/cm² scade pînă la 88,5%. La sarcină constantă randamentul variază puțin la tensiuni cuprinse între 15 și 30 V_{ef} (fig. 23).

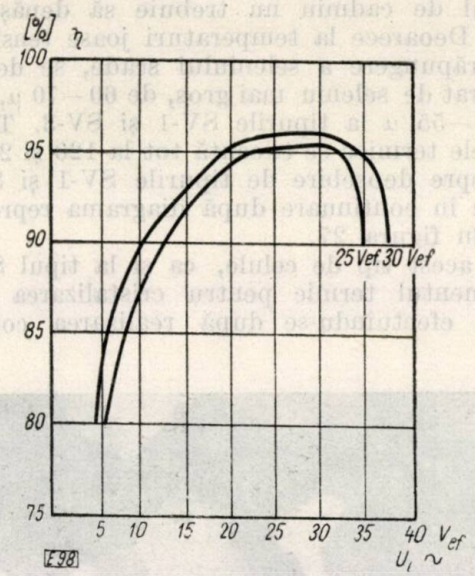


Fig. 23. Randamentul celulelor de tip SV-3 în funcție de tensiunea aplicată.

În condiții normale de funcționare, fără răcire artificială, puterea redresată specifică este dublă față de celulele de tip SV-1. Ținînd seamă de simplitatea procesului tehnologic, care diferă foarte puțin de cel utilizat la fabricarea celulelor de tip SV-1, este evident avantajul realizat prin tipul de celule SV-3. Cu aceleași utilaje se poate dubla producția calculată în putere redresată, iar prețul de cost pe watt redresat se reduce la jumătate.

3.3. *Celule cu tensiunea inversă și densitatea de curent mărite de tip* SV-2

Creșterea puterii redresate specifice prin creșterea concomitentă a tensiunii inverse și a densității de curent este legată în general de creșterea căderii de tensiune și deci a pierderilor în celulă și, din această cauză, o dată cu creșterea puterii redresate trebuie îmbunătățită și stabilitatea termică a celulelor.

La celulele cu seleniu, punctele de topire a aliajului de SnCd (172°C) și a seleniului (220°C) sînt joase, ceea ce limitează temperatura de funcționare la 60—80°C. Peste această temperatură procesele de difuzie se accelerează, și chiar în cazul celulelor speciale, pentru temperaturi înalte de 85—120°C, durata de funcționare a celulelor scade la 1 000—5 000 ore.

Din cele expuse rezultă necesitatea de a realiza creșterea tensiunii inverse și a densității de curent prin mijloace care afectează puțin căderea de tensiune. Realizarea acestui deziderat depinde în primul rînd de proprietățile stratului de baraj: la tensiuni inverse rezistența stratului de baraj trebuie să fie mare, iar în sens direct cîmpul sarcinilor spațiale din stratul de baraj trebuie să se anuleze la tensiuni cît mai mici, pentru a realiza tensiuni de prag mici.

Pentru creșterea stabilității termice, unul dintre mijloacele posibile este limitarea cantității de cadmiu care vine în contact cu seleniul, astfel încît să se limiteze difuzia cadmiului în seleniu și îngroșarea stratului de baraj.

După Strosche [9], aceste condiții sînt îndeplinite prin realizarea unui strat de baraj cu structură hexagonală (*h*-CdSe), cu rezistență mare, în care caz stratul de baraj se formează la contactul între CdSe și Se. În cazul în care se formează CdSe cu structura cubică (*k*-CdSe), cu rezistivitate mică, se formează două straturi de baraj: la contactul între metal și CdSe și între CdSe și Se. Rezistența celor două joncțiuni însumîndu-se, rezultă o rezistență de zero R_0 mare, iar în sens direct stratul de baraj se anulează la tensiuni mari, determinînd tensiuni de prag și cădere de tensiune mare. Curbele tensiune-curent pentru cele două cazuri-limită sînt date în figura 24.

În realitate, în condițiile de formare a seleniurii de cadmiu prin reacția în fază solidă dintre seleniu și cadmiu, la tratamentele termice și electroformarea celulelor rezultă un amestec de CdSe *h* și *k*, predominînd una dintre cele două stucturi, în funcție de condițiile de lucru.

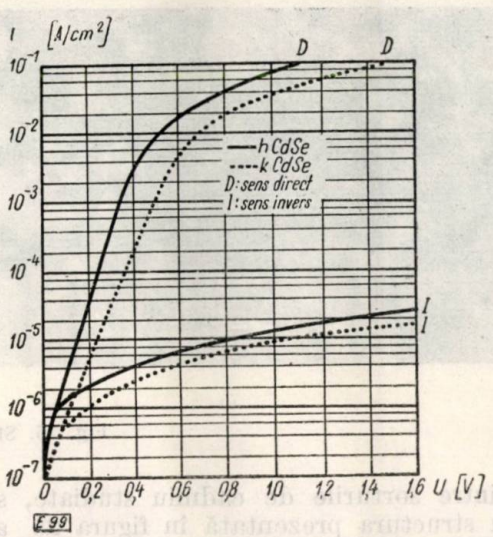


Fig. 24. Curba tensiune-curent la celulele cu strat de baraj *h*-CdSe și *k* CdSe.

Practic, ambele condiții — stabilitatea termică bună și asimetria pronunțată a stratului de baraj — se realizează printr-o construcție de celulă tip SV-2 principial diferită de aceea

clasică (tipul SV-1 din fig. 3). La această construcție pe suportul de aluminiu se depune, în vid, prin pulverizare catodică, un strat de cadmiu de 0,5—1,5 μ. Peste stratul de cadmiu se depune tot în vid un strat de seleniu de circa 60—70 μ, iar contactul neredresor se realizează prin lipirea la cald și sub presiune, peste stratul de seleniu, a unei folii de aluminiu de 40 μ, în prealabil bismutată.

Procesul tehnologic este pretențios, abateri aparent neînsemnate de la condițiile optime determinînd variații însemnate ale caracteristicilor obținute. Dintre factorii mai importanți fac parte :

— structura cadmiului și condițiile de depunere ;

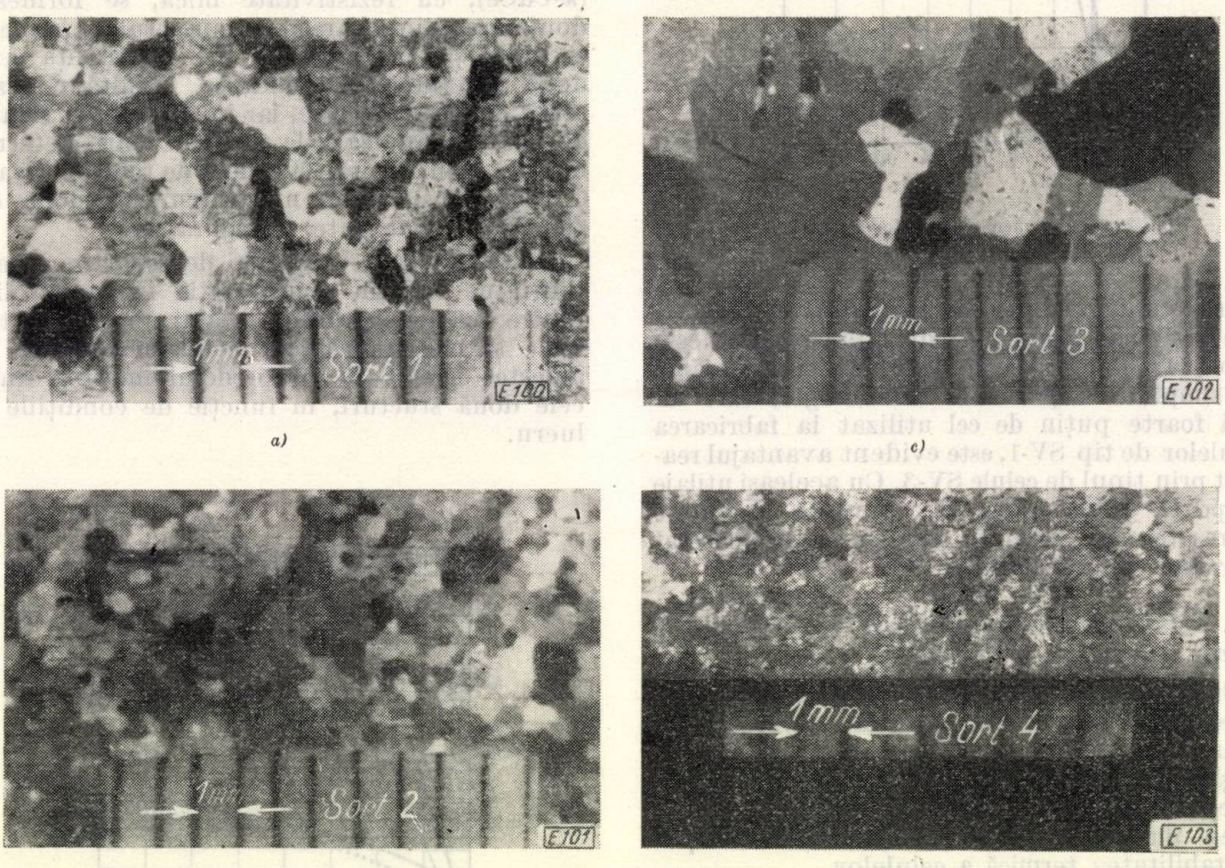
— dotarea seleniului și condițiile de depunere ;

— tratamentele termice.

tensiunii inverse și a căderii de tensiune, la j_d=50 mA/cm², în funcție de conținutul de clor, este dată în figura 26, valoarea optimă fiind cuprinsă între 6.10^{-3} și 8.10^{-3}% clor.

Pentru a realiza un contact redresor bun, temperatura de condensare a seleniului pe stratul de cadmiu nu trebuie să depășească 35°C. Deoarece la temperaturi joase tensiunea de străpungere a seleniului scade, se depune un strat de seleniu mai gros, de 60—70 μ, față de 45—55 μ la tipurile SV-1 și SV-3. Tratamentele termice se execută tot la 120 și 218°C, însă spre deosebire de tipurile SV-1 și SV-3, se fac în continuare după diagrama reprezentată în figura 27.

La acest tip de celule, ca și la tipul SV-3, tratamentul termic pentru cristalizarea seleniului efectuîndu-se după realizarea contac-



a) c) b) d)

Fig. 25. Structura sorturilor de cadmiu.

Dintre sorturile de cadmiu studiate, sortul *3* cu structura prezentată în figura 25 a dat rezultate satisfăcătoare : tensiunea inversă de 25—50 V_{ef}, față de 20—33 V_{ef} la sorturile *1*, *2* și *4*.

Temperatura suportului în timpul pulverizării cadmiului a fost menținută sub 40°C.

Dotarea seleniului se face cu clor, spre deosebire de a tipurilor descrise anterior. Variația tului redresor, durata și temperatura în domeniul *3* sînt critice și trebuie respectate cu rigurozitate.

3.3.1. *Caracteristicile celulelor de tip* SV-2. Limitele între care variază curba tensiune-curent la celulele de construcție descrise sînt date în figura 28.

Tensiunea inversă nominală variază între 35 și 50 V_{ef}, deci acest tip de celule se sortează

în trei clase: H35—40 V_{ef}, I40—45 V_{ef}, J45—50 V_{ef}. În sens invers, curba se caracterizează printr-un cot puțin pronunțat, curentul crescînd încet la tensiuni cu 10—15 V peste tensiunea de lucru. Această alură este avantajoasă deoarece la supratensiuni accidentale curentul invers nu crește atît de brusc încît să pericliteze redresorul prin încălzire sau străpungere.

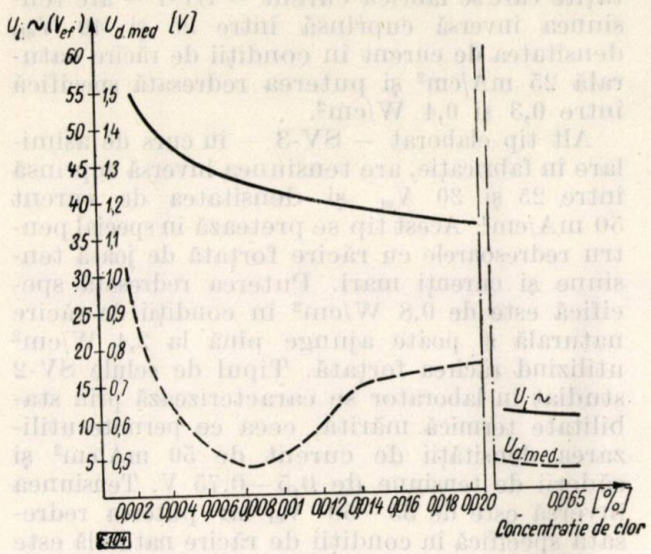


Fig. 26. Efectul conținutului de clor asupra tensiunii inverse U_i și a căderii de tensiune $U_{d\,med}$.

În sens direct, stabilitatea termică a celulelor permite o densitate de curent de 50 mA/cm² la o cădere de tensiune de 0,5—0,75 V. In timpul funcționării, datorită coeficientului de temperatură mare (fig. 29), căderea de tensiune scade cu aproximativ 0,1 V, astfel încît temperatura de regim nu depășește 65—70°C, la începutul perioadei de funcționare.

La funcționarea cu răcire forțată la densități de curent de 150—200 mA/cm², diferența între U_d la 70°C și U_d la 25°C devine mai pronunțată, ajungînd la 0,2—0,25 V.

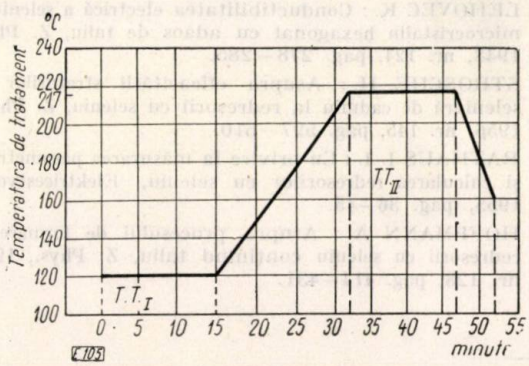


Fig. 27. Diagrama tratamentului termic la celulele de tip SV-2.

În sens invers, ca și la tipurile precedente, în domeniul tensiunii de lucru coeficientul de temperatură al rezistenței este pozitiv, astfel încît la temperatura de funcționare curentul invers scade de la 0,4 la 0,25 mA/cm².

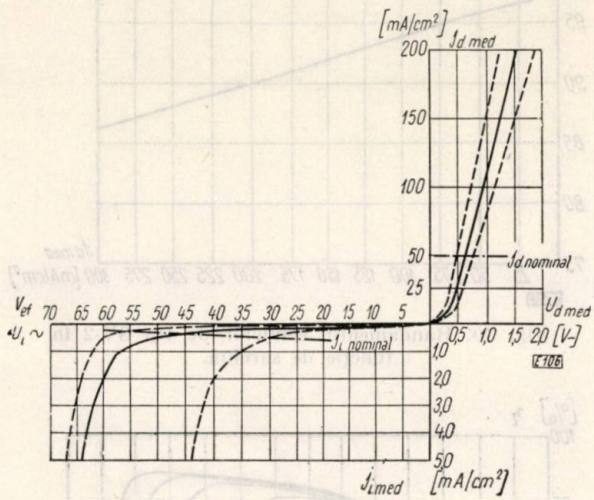


Fig. 28. Caracteristica tensiune-curent la celulele de tip SV-2:
— — — valori-limită;
——— curba reprezentativă pentru tipul SV-2.

Randamentul coloanelor în condiții de lucru nominale este de 96—97%. În funcție de sarcină, randamentul variază între 96 (la densitatea de curent nominală, de 50 mA/cm²) și 86% (la densitatea de curent de 300 mA/cm²) (fig. 30).

La valori ale tensiunii aplicate variind în limite largi (25—55 V_{ef}), randamentul variază puțin, între 94 și 97% (fig. 31).

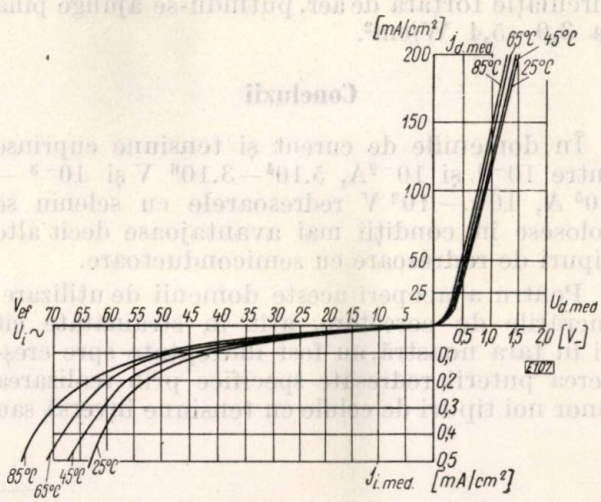


Fig. 29. Curba tensiune-curent la celulele de tip SV-2 la diferite temperaturi.

În funcție de grupa și clasa celulelor, puterea redresată specifică în condiții de lucru nominale este cuprinsă între 0,7 și 0,95 W/cm²;

folosind plăci de răcire ea este între 1,75 şi 2,4 W/cm², la răcire mai eficace, în ulei sau

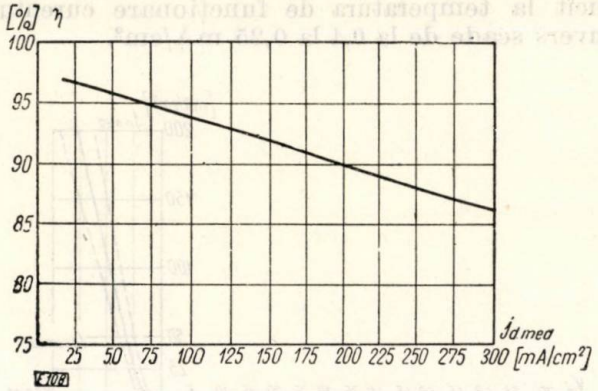


Fig. 30. Randamentul celulelor de tip SV-2 în funcţie de sarcină.

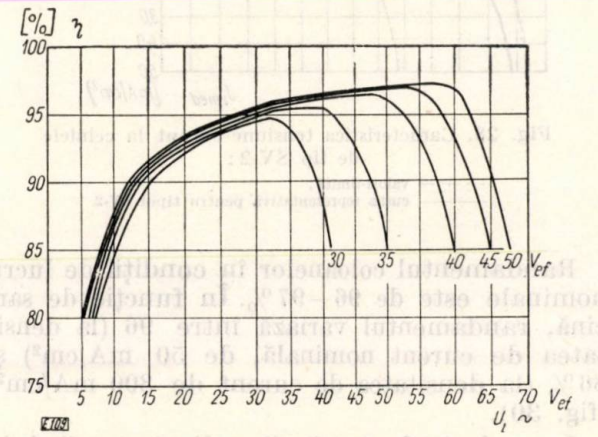


Fig. 31. Randamentul celulelor de tip SV-2 în funcţie de tensiune aplicată.

circulaţie forţată de aer, putîndu-se ajunge pînă la 3,9—5,4 W/cm².

Concluzii

În domeniile de curent şi tensiune cuprinse între 10^{-3} şi 10^{-2} A, 5.10^4—3.10^6 V şi 10^{-3} — 10^5 A, 10^1 — 10^2 V redresoarele cu seleniu se folosesc în condiţii mai avantajoase decît alte tipuri de redresoare cu semiconductoare.

Pentru a acoperi aceste domenii de utilizare, lucrările de cercetare, atît în străinătate cît şi în ţara noastră, au fost îndreptate spre creşterea puterii redresate specifice prin realizarea unor noi tipuri de celule cu tensiune inversă sau densitate de curent ridicată sau a unor tipuri de celule cu stabilitate termică mai bună, care pot îndeplini concomitent ambele condiţii : tensiune inversă şi densitate de curent mărită.

Primul tip de celule cu performanţe îmbunătăţite care se fabrică curent — SV-1 — are tensiunea inversă cuprinsă între 25 şi 40 V_{ef}, densitatea de curent în condiţii de răcire naturală 25 mA/cm² şi puterea redresată specifică între 0,3 şi 0,4 W/cm².

Alt tip elaborat — SV-3 — în curs de asimilare în fabricaţie, are tensiunea inversă cuprinsă între 25 şi 30 V_{ef} şi densitatea de curent 50 mA/cm². Acest tip se pretează în special pentru redresoarele cu răcire forţată de joasă tensiune şi curenţi mari. Puterea redresată specifică este de 0,8 W/cm² în condiţii de răcire naturală şi poate ajunge pînă la 2,4 W/cm² utilizînd răcirea forţată. Tipul de celule SV-2 studiat în laborator se caracterizează prin stabilitate termică mărită, ceea ce permite utilizarea densităţii de curent de 50 mA/cm² şi căderii de tensiune de 0,5—0,75 V. Tensiunea inversă este de 35—50 V_{ef} iar puterea redresată specifică în condiţii de răcire naturală este cuprinsă între 0,7 şi 0,95 W/cm².

Bibliografie

[1] SPENKE E. : Redresori de putere cu semiconductori, ETZ. A 79, **22**, 1958, pag. 867—875.

[2] AVRAMESCU A. : Clasificarea redresoarelor după debit, Electricitate, **II**, 1948, nr. 2, pag. 67—76.

[3] PENIN N. A., ASTAHOV K. V. : Efectele impurităţilor din seleniu asupra proprietăţilor electrice ale redresoarelor, J.T.F., **XVI**, 1946, nr. 2, pag. 199 — 211.

[4] MOZES G., ARABIAN L., ŢENESCU E, : Celule redresoare cu seleniu, Electrotehnica **V**, 1957, nr. 9, pag. 269—280.

[5] * * * U.S.P., 2 476 800.

[6] LEHOVEC K. : Influenţa urmelor de taliu asupra redresoarelor cu seleniu, Z. Phys. 1949, nr. 125, pag. 451—455.

[7] ABDULAEV G. B. : Redresori cu semiconductori, Ed. Academiei R.S.S. Azerbaidjiene.

[8] LEHOVEC K. : Conductibilitatea electrică a seleniului microcristalin hexagonal cu adaos de taliu, Z. Phys, 1948, nr. 124, pag. 278—285.

[9] STROSCHE H. : Asupra eficacităţii straturilor de seleniură de cadmiu la redresorii cu seleniu, Z. Phys., 1956, nr. 145, pag. 597—610.

[10] RATHAUS I. I. : Cu privire la măsurarea parametrilor şi calcularea redresorilor cu seleniu, Elektricestvo, 3, 1955, pag. 36—45.

[11] HOFFMANN A. : Asupra procesului de formare la redresorii cu seleniu conţinînd taliu, Z. Phys., 1950, nr. 128, pag. 414—431.

Semiconductorul cu patru straturi și utilizarea lui în comutarea curenților tari

Dorel Damsker * — București

În tehnica curenților tari în general și în acționările electrice în particular, dispozitivul de comutare și comandă automată al viitorului apropiat îl reprezintă semiconductorul cu patru straturi. El este utilizat încă de pe acum ca amplificator de putere în acționările reglabile de putere mică și mijlocie.

CZ. 621.315.59 : 621.316.72.078

Directivele partidului pentru planul șesenal au subliniat importanța dispozitivelor semiconductoare pentru înnoirea tehnicii și dezvoltarea automatizărilor.

Angajîndu-ne pe acest drum deosebit de fructuos, este necesar să cunoaștem structurile semiconductoarelor și utilizările lor din diferite puncte de vedere.

Articolul de față se ocupă cu una dintre formele cele mai promițătoare ale semiconductorului, și anume al celui cu patru straturi, din punctul de vedere al utilizării lui în circuitele de comutare pentru curenții tari. Presupunînd cunoscute fenomenele de conducție din joncțiunea semiconductoare [1],[2],[4],[8] se descriu sumar construcția semiconductorului cu patru straturi și mecanismul funcționării sale atît cît este necesar pentru a urmări cu folos utilizarea lui în circuitele de comutare a energiei electrice.

Autorul speră că, punînd în evidență marile avantaje ale acestei structuri monocristaline pentru curenți tari, va contribui la stimularea cercetătorilor noștri care se ocupă cu construcția dispozitivelor semiconductoare, în vederea realizării acestora la noi în țară.

Pînă atunci, articolul va fi de folos proiectanților și inginerilor de exploatare care primesc din import acest dispozitiv o dată cu agregatele complexe automatizate în care este introdus.

1. Semiconductoarele cu patru straturi — construcție și funcționare

Dintre structurile semiconductoare produse astăzi în serie au o mare importanță și perspective deosebite de largă dezvoltare monocristalele cu patru straturi alternate de conducție P și N (trei joncțiuni). Aceste dispozitive semiconductoare, care poartă denumiri foarte diferite după construcție și scop, vor ajunge în scurt timp cele mai importante aparate de comandă în domeniul curenților tari [4], concurînd releele și contactoarele în circuitele de comutare, înlocuind tiratroanele, amplidinele, parțial amplificatoarele magnetice și, mai tîrziu, ignitroanele și excitroanele în sistemele de reglare. Pentru siguranța în funcționare și simplitatea circuitelor, vor înlocui amplificatoarele magnetice și transistoarele în construcția elementelor cu funcțiuni logice la deservirea instalațiilor de curenți tari.

După felul cum se succed (fig. 1) cele patru straturi ale monocristalului (Ge sau Si), aceste

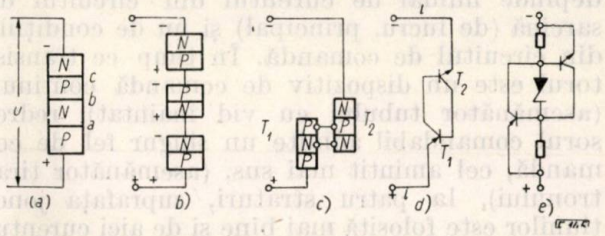


Fig. 1. Structura semiconductorului cu patru straturi și schemele echivalente.

dispozitive sînt notate $PNPN$ și $NPNP$, succesiunea fiind determinată după rolul fiecărei joncțiuni. După numărul straturilor care au borne de ieșire cu funcțiuni bine stabilite, se numesc diode, triode și tetrode cu patru straturi. Trioda $PNPN$, care este cea mai răspîndită, poartă denumirile de redresor comandabil, tiratron solid sau uscat, tranzistor etc.

Se construiește pentru puteri de comutare de la 25 mW la mai mulți kW. S-a ajuns la valorile admisibile pentru curent 250 A și tensiune 400 V (nu însă pentru același tip), cu tendința să se întreacă intensitățile admisibile în redresorul cu siliciu, cunoscute astăzi [7], [8],[16].

Cele patru straturi ale monocristalului, de preferință Si, pentru temperatura mare a mediului ambiant la care poate funcționa (+65°C) și tensiunile mari admisibile, sînt dotate prin difuzie cu elemente donoare sau acceptoare, care determină conducția predominantă a stratului, constituind trei joncțiuni cu funcțiuni diferite. Straturile care au legături în exterior (prin cordoane metalice) sînt acoperite cu o depunere de aur.

Între monocristal și capsula metalică exterioară se asigură o conductibilitate termică cît mai mare. Dimensiunile capsulei sînt foarte mici chiar la puterile cele mai mari, însă plăcile

* Conf. ing. D. DAMSKER, Laureat al Premiului de Stat, este inginer la Institutul de proiectări laminoare.

de răcire pe care se montează măresc mult volumul ocupat.

Proprietatea caracteristică a acestor dispozitive este bistabilitatea foarte pronunțată a modului de funcționare în circuitul electric. Starea de conducție prezintă rezistență foarte mică ($\simeq$ 1 Ω), starea de blocare, rezistență foarte mare (peste 1 M Ω), iar trecerea de la o stare la alta se face foarte repede (în jurul microsecundelor, la cele mici 0,1 ms).

Se deosebesc de diodele obișnuite prin caracterul mult mai pronunțat al comutării, atît în ceea ce privește raportul rezistenței în cele două stări, cît și cel al rapidității de trecere, care se explică prin existența unei amplificări interioare. În plus, triodele au al treilea electrod, numit poartă, care supus unui impuls provoacă trecerea din blocare în saturare.

Deosebirea de transistoare [5] constă în faptul că menținerea într-o stare sau alta depinde numai de curentul din circuitul de sarcină (de lucru, principal) și nu de condițiile din circuitul de comandă. În timp ce transistorul este un dispozitiv de comandă continuu (asemănător tubului cu vid înaintat), redresorul comandabil admite un singur fel de comandă, cel amintit mai sus, (asemănător tiratronului). la patru straturi, suprafața joncțiunilor este folosită mai bine și de aici curentul admisibil este mai mare.

2. Caracteristicile semiconductorului cu patru straturi și mecanismul comutării

Se aplică dispozitivului o tensiune ca în figura 1, *a* și se urmărește variația curentului la creșterea tensiunii, pentru a se ridica caracteristica curent-tensiune (figura 2). La valori mici ale tensiunii u, aplicată în sensul direct, cele două joncțiuni exterioare *a* și *c* sînt pola-

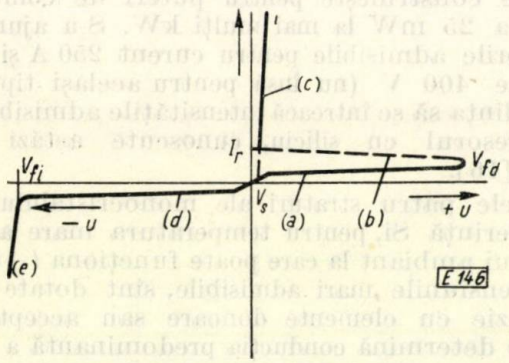


Fig. 2. Caracteristica tensiune-curent a semiconductorului cu patru straturi.

rizate în sensul de trecere, însă joncțiunea mediană *b* este polarizată invers. Întregul dispozitiv poate fi considerat ca trei diode în serie (figura 1, *b*) dintre care cea din mijloc este blocată. Dioda mediană blocată preia întreaga tensiune de alimentare. Comportarea este la fel ca a unei diode semiconductoare polarizată în sens invers, porțiunea *a* a caracteristicii din figura 2.

Cînd tensiunea ajunge la valoarea V_{fi}, dispozitivul trece brusc în starea de conducție. Această porțiune de caracteristică (*b*) a fost desenată punctat, pentru a se pune în evidență că nu corespunde unei caracteristici statice și că prezintă rezistența negativă (tensiunea pe dispozitiv scade cînd curentul crește). Faptul că dioda mediană, polarizată invers, se deschide brusc la o valoare bine precizată a tensiunii impune asimilarea acesteia cu o diodă Zener [11].

Trecerea în conducție a diodei mediane se explică prin faptul că, la o anumită valoare a tensiunii, cîmpul electric a crescut suficient ca să accelereze electronii liberi în joncțiune, într-o asemenea măsură încît aceștia să elibereze în lanț alți electroni în zona de conducție și să se formeze un curent electric care crește repede. Zona de blocare se micșorează spațial și stratul *P* exterior eliberează goluri prin joncțiunea exterioară, iar stratul *N* livrează electroni în același fel. Purtătorii de sarcini în zona de blocare devin atît de numeroși, încît căderea de tensiune pe dispozitiv scade la o valoare foarte mică și curentul crește.

Pentru a explica regiunea de rezistență negativă a caracteristicii, deci existența unei amplificări, este necesar a recurge la asimilarea structurii monocristalului cu două transistoare care au legături comune duble între baze și colectoare.

Figura 1, *c* arată cum se despart straturile pentru a forma cele două transistoare a căror schemă de legături este în partea (*d*) a figurii. Cele două transistoare, dintre care unul *PNP* și altul *NPN*, sînt străbătute de curenți comuni pe bază și colector. Curenții de comandă în ambele transistoare cresc pe măsura creșterii cîmpului electric și produc curenți de colector din ce în ce mai mari, care fac să crească curenții de comandă. Cînd curenții de comandă au devenit suficient de mari încît ambele transistoare să fie saturate, rezultă porțiunea de caracteristică (*c*) din figura 2. Aceasta corespunde cu caracteristica unei diode polarizate direct, căderea de tensiune fiind de 0,5 V la 1 V pentru Si.

La polarizare inversă (stratul *P* exterior negativ față de *N* exterior) și tensiune mică, dispozitivul se prezintă ca o diodă polarizată invers zona (*d*) a caracteristicii pînă la tensiunea V_{fi}, cînd dioda trece în conducție zona (*e*) a caracteristicii.

Conectarea celor două transistoare (figura 1, *d*) explică bine mecanismul comutării și menținerea în stare de conducție a semiconductorului cu patru straturi, dacă se admite că amplificările α_1 și α_2 ale celor două transistoare

sînt variabile cu curentul de colector şi că suma lor poate lua valori subunitare la supraunitare, o dată cu creşterea curentului. Se ştie că în transistorul cu joncţiune, amplificarea curentului colector în raport cu curentul emiter în conexiunea cu baza la masă are valoare subunitară şi variază foarte puţin cu curentul de colector, scăzînd la curenţi mari.

Cu transistoare de construcţie normală se pot regăsi caracteristicile dispozitivului *PNPN*, numai utilizînd schema din figura 1, *e*.

Printr-o tehnologie de fabricaţie specială, joncţiunile în *PNPN* constituie transistoare care au α variabil cu curentul de colector.

La tensiuni mici, transistorul *PNP* poate fi considerat ca fiind comandat prin curentul de emiter, baza fiind la masă. În această conexiune şi în regiunea activă de funcţionare, curentul de bază I_{B1} în funcţie de curentul de emiter i (care este în acelaşi timp curentul care traversează tot dispozitivul, figura 1, *d*) este :

$$I_{B1} = (1 - \alpha_1)\, i. \tag{1}$$

Transistorul al doilea este comandat prin curentul de bază cu emiterul la masă. Curentul său de bază este curentul de colector al primului transistor care poate fi exprimat $\alpha_1 i$, i fiind foarte redus.

Dacă transistorul al doilea ar fi în regiunea activă, atunci curentul său de colector în funcţie de curentul de emiter i se exprimă :

$$I_{c2} = \alpha_2 \cdot i. \tag{2}$$

Curentul de colector I_{c2} comandă transistorul *PNP*, fiind curentul său de bază. Cît timp curentul i este foarte mic, α_1 şi α_2 au valori reduse. Crescînd cîmpul electric aplicat joncţiunilor colector-bază în ambele transistoare, curentul creşte, şi la tensiunea exterioară V_{fd} este suficient de mare, încît :

$$I_{c2} = \alpha_2 \cdot i = (1 - \alpha_1)\, i = I_{B_1}, \tag{3}$$

sau

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1. \tag{4}$$

De îndată ce condiţia de mai sus este îndeplinită, dispozitivul prezintă amplificare şi curentul creşte foarte mult într-un timp foarte scurt, amplificarea generală fiind produsul amplificărilor în conexiunea emiter la masă :

$$\frac{\alpha_1}{1 - \alpha_1} \cdot \frac{\alpha_2}{1 - \alpha_2} > 1. \tag{5}$$

Ambele transistoare trec în saturare, în toate cele patru joncţiuni (în schema echivalentă) polarizate direct. Starea de saturare se menţine atît timp cît curentul prin dispozitiv este mai mare ca I_r, pentru care condiţia (5) este îndeplinită [7], [8].

3. Funcţionarea în circuitele de utilizare

Semiconductoarele cu patru straturi de putere mijlocie şi mare se construiesc fie ca diode, deci avînd două borne, fie ca triode cînd au

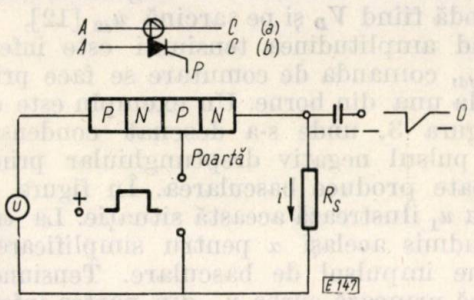


Fig. 3. Circuitul de utilizare a diodei şi triodei *PNPN*.

a treia bornă pentru comandă. În cele ce urmează se arată cum se poate obţine comutarea dispozitivului în circuitul de utilizare, considerînd ambele construcţii. Trebuie să se reţină că, pentru unele triode, constructorii recomandă comanda *numai* prin poartă. Se consideră schema din figura 3 în două variante cu diodă (simbolul (*a*)) şi triodă (simbolul (*b*)).

Se studiază mai întîi circuitul cu dioda *PNPN*. Condiţia de trecere din blocare în saturare, tensiunea u fiind aplicată în sens direct (fig. 1, *a*), este ca

$$u > V_{fd} + R_s i_{fd}, \tag{6}$$

unde i_{fd} este curentul în circuit la tensiunea V_{fd} şi R_s — rezistenţa de sarcină.

Condiţia ca dioda să se menţină saturată este

$$u > V_s + R_s i_r. \tag{7}$$

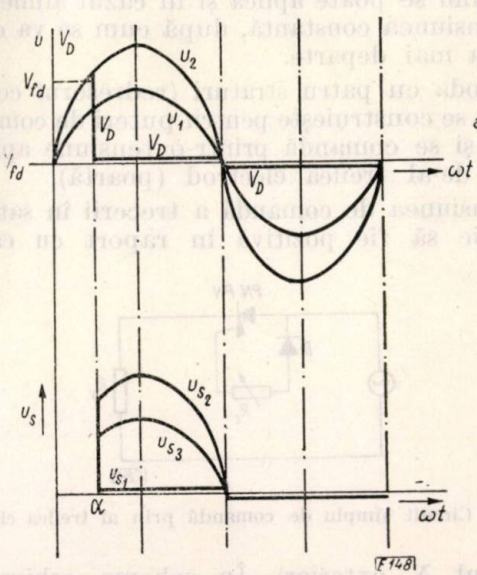


Fig. 4. Diagrama tensiunilor pe semiconductor şi sarcină într-un ciclu al tensiunii sinusoidale de alimentare.

Acest procedeu de comandă este utilizat la alimentarea cu tensiune sinusoidală (figura 4). La alimentarea cu tensiune sinusoidală a cărei

amplitudine nu îndeplinește condiția 6 (curba u_1), tensiunea rămîne pe dioda c și sarcina are o tensiune în jurul de 1 V (curba u_{s1}, figura 4, b). Pentru o tensiune sinusoidală superioară (u_2), dioda comută în saturare la unghiul α, tensiunea pe diodă fiind V_D și pe sarcină u_{s2} [12].

Cînd amplitudinea tensiunii este inferioară lui V_{fd}, comanda de comutare se face prin impuls la una din borne. Un exemplu este arătat în figura 3, unde s-a desenat condensatorul C și pulsul negativ dreptunghiular prin care se poate produce basculare. În figura 4 tensiunea u_1 ilustrează această situație. La $\omega t = \alpha$ (s-a admis același α pentru simplificare), intervine impulsul de basculare. Tensiunea pe sarcină urmează curba u_{s3} din partea inferioară a aceloraşi figuri.

Comutarea în saturație la variația bruscă a tensiunii aplicată diodei se explică prin faptul că joncțiunea mediană blocată reprezintă un condensator al cărui dielectric este semiconductorul lipsit de purtători de sarcină electrică. Acest condensator, interior dispozitivului, de capacitate C_p la variația bruscă a tensiunii de alimentare face să crească curentul de scăpări prin dielectric cu cantitatea :

$$i_c = C_p \frac{du}{dt} \cdot \qquad (8)$$

Dacă suma curenților (curentul de scăpări plus curentul capacitiv) depășește I_r, dispozitivul comută în saturare. Se vede că bascularea depinde de viteza de variație a tensiunii (frontul impulsului) care trebuie să fie de cîteva zeci de volți pe microsecundă.

Procedeul de basculare prin impulsuri ale tensiunii se poate aplica și în cazul alimentării cu tensiunea constantă, după cum se va exemplifica mai departe.

Trioda cu patru straturi (redresorul comandabil) se construiește pentru puteri de comutare mari și se comandă printr-o tensiune aplicată celui de-al treilea electrod (poartă).

Tensiunea de comandă a trecerii în saturare trebuie să fie pozitivă în raport cu catoda

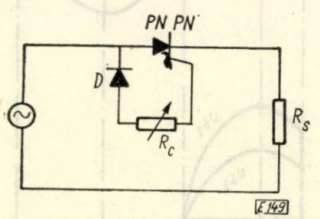


Fig. 5. Circuit simplu de comandă prin al treilea electrod.

(stratul N exterior). În schema echivalentă cu transistoare (fig. 1, d), această tensiune de comandă provoacă trecerea unui curent suplimentar de bază prin transistorul T_2.

Curentul suplimentar de bază face ca valoarea curentului I_r să fie atinsă pentru tensiuni de alimentare pozitive mici. Cu cît curentul de bază este mai mare, cu atît tensiunea pozitivă la care se produce comutarea este mai mică, putînd fi redusă la puțini volți, cu condiția ca R_s să permită trecerea și menținerea curentului I_r. Tensiunea de comandă este de 2 la 3 V și se înseriază cu o rezistență de protecție (10 la 100 Ω). Este recomandabil ca tensiunea de comandă la poartă să fie dată cu front mare pentru ca bascularea să se facă sigur și precis (ca și în cazul tiratroanelor). Totuși, curentul de poartă nu trebuie să întreacă valorile prescrise de constructor și e bine să dureze un timp cît mai scurt, pentru a nu aduce o încălzire suplimentară inutilă a semiconductorului (cîteva zeci de microsecunde).

Amplificarea de putere (raportul puterii comutate către puterea consumată în circuitul de poartă) este de 100 000 cel puțin, la comutarea într-o microsecundă.

Curentul de comandă scade foarte mult ($\simeq 1/4$) la creșterea temperaturii dispozitivului.

O schemă principială de comandă este reprezentată în figura 5. Circuitul de comandă este alimentat de la aceeași sursă sinusoidală, ca și circuitul principal. Dioda D blochează în alternanțe negative curentul de comandă, pentru a nu da loc la curentul invers mărit, iar rezistența R_c determină tensiunea la care va avea loc bascularea. Procesul ciclic de variație a parametrilor electrici ai circuitului poate fi ilustrat tot de figura 4, cu tensiunile u_1 și u_{s3} pentru același α, ca în figură.

Redresorul comandat se aseamănă foarte bine, din punct de vedere al tehnicii de comandă, al puterii livrate consumatorilor, cu tiratroanele și excitroanele de putere mică. În raport cu tiratronul, are avantajul că este lipsit de filament (este un element „static"), are durată de funcționare practic nelimitată, are randamentul mai bun, deoarece tensiunea remanentă în conducție este cel mult 2 sau 3 V, în loc de 15 la 20 V.

În raport cu excitronul, are avantajul că ocupă volum mai mic, nu necesită dispozitiv de formare a petei catodice și de excitare, precum și randament și durată de viață mai bune.

Sistemul de comandă este mai simplu decît la tuburile ionice citate, deoarece nu necesită polarizare negativă pe electrodul de comandă.

În plus, admite un supracurent de 10 ori curentul nominal.

În secțiunea următoare se dau exemple de aplicație pentru dioda și trioda cu patru straturi.

4. Exemple de utilizare a semiconductorului cu patru straturi în circuite de comandă

Semiconductoarele cu patru straturi sub formă de diode permit realizarea unor circuite de comutare cu un număr redus de componente

și legături cu funcționare sigură, datorită caracteristicii bistabile.

Multivibratorul bistabil este baza circuitelor cu funcțiuni logice. Figura 6 prezintă schemele unor circuite bistabile cu una și două diode *PNPN*. În ambele scheme, tensiunea $|U|$ este mai mică decît tensiunea directă de basculare (V_{fd}). În prima schemă, dioda *PNPN* este basculată în saturare de un puls pozitiv la borna *A*. La trecerea tensiunii în salt de la 0 la 1 pozitiv pe borna *A*, condensatorul *C* provoacă trecerea unui curent suplimentar prin dioda *PNPN* pe care o aduce în saturare. Trecerea înapoi a tensiunii pe borna *A* de la 1 la zero nu are efect asupra stării circuitului, deoarece curentul cerut de condensatorul *C* este preluat de dioda D_1. Revenirea în blocare este produsă de un puls pozitiv pe borna R_1 care face ca tensiunea pe dioda *PNPN* să se reducă sub valoarea V_s (fig. 2).

Bistabilul cu două diode *PNPN* (figura 6, *b*) are un condensator *C* de legătură între ele, suficient de larg dimensionat încît să asigure că cele două diode nu sînt simultan saturate. Fie dioda *PNPN1* blocată și *PNPN2* saturată. Condensatorul C_1 este încărcat cu tensiune negativă pe borna din stînga (*m*) și pozitivă pe borna din dreapta (*n*). La impuls pozitiv pe borna *A*, *PNPN1* trece în saturare, după cum s-a explicat mai sus. Condensatorul C_1 aplică tensiune pozitivă pe dioda *PNPN2*, care produce micșorarea curentului prin aceasta sub valoarea de reținere C_1, se descarcă prin rezistența R_2 și are acum tensiune negativă pe borna din dreapta (*n*). La apariția unui impuls pozitiv *R*, întregul circuit basculează în situația inițială.

Figura 7 prezintă două multivibratoare, unul monostabil (*a*) și altul bistabil (*b*). Circuitul (fig. 7) din stînga (*a*) se caracterizează prin aceea că tensiunile de trecere în saturare a celor două diode *PNPN* sînt diferite între ele, și anume pentru prima (din stînga) este mai mare ca $|U|$, iar pentru cea din dreapta mai mică de cît $|U|$. În acest fel, în mod normal (în lipsa semnalului pe *A*), dioda din dreapta

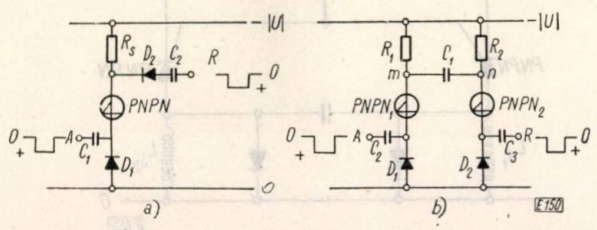


Fig. 6. Circuitele de comutare ale diodei *PNPN*.

este saturată și cea din stînga blocată (din cauza condensatorului C_1). La un semnal pozitiv pe *A*, dioda *PNPN1* basculează în saturare după mecanismul care a mai fost expus, provocînd prin C_1 trecerea lui *PNPN2* în blocare. După ce condensatorul C_1 se descarcă prin rezistența R_2, dioda *PNPN2* trece din nou în saturare. Mecanismul basculării este asemănător cu cel al monostabilului cu transistoare.

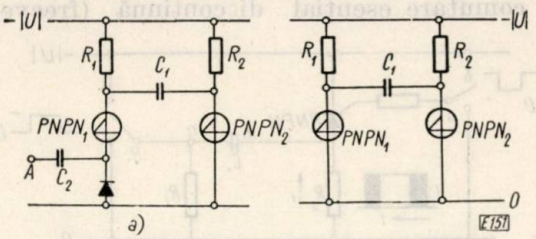


Fig. 7. Circuitele mono- și astabil cu diode *PNPN*.

Circuitul reprezentat în figura 7, *b* este un generator de unde dreptunghiulare (trigher sau multivibrator astabil). Tensiunea de alimentare este mai mare decît tensiunea directă de vîrf V_{fd}, iar rezistențele R_1, R_2 sînt suficient de mici încît

$$\frac{U}{R_{1,2}} > I_r . \qquad (9)$$

Ambele diode au tendința să fie în stare de saturare, însă dacă una din ele este adusă în blocare (sau dacă parametrii celor două jumătăți de circuit nu sînt identice), atunci întregul circuit basculează ciclic. Presupunînd că dioda *PNPN 2* trece în saturare, condensatorul C_1 încărcat aplică tensiune pozitivă pe catoda lui *PNPN1*, trecînd-o în blocare. Condensatorul se descarcă prin rezistența *R*, căpătînd tensiunea pozitivă pe borna din dreapta. După un timp, care este funcție de R_1, C_1, tensiunea pe catoda lui *PNPN1* a ajuns din nou suficient de negativă încît dioda să treacă în saturare. Acum condensatorul C_1 aplică tensiunea pozitivă pe catoda lui *PNPN2*, trecînd-o pe aceasta în blocare.

Mecanismul de basculare al ambelor diode este identic cu cel al diodei din dreapta monostabilului și asemănător cu cel al astabilului cu transistoare.

Cu dioda *PNPN* se pot realiza alte circuite uzuale în tehnica digitală, ca invertoare, numărătoare, generatoare de unde în dinți de ferestrău, caracterizate prin număr redus de componente cu funcționare rapidă și sigură. Descrierea acestor circuite depășește cadrul expunerii de față [3].

5. Utilizarea semiconductorului cu patru straturi sau a redresorului comandabil

Avînd monocristalul siliciu, acest dispozitiv de comandă și amplificare este sigur în funcționare, și se adaptează ușor în circuitele de utilizare specificului sarcinei. În proiectarea circuitelor cu acest dispozitiv, trebuie să se țină seama că admite un supracurent

de foarte scurtă durată care de cele mai multe ori este de zece ori mai mare ca valoarea de utilizare permanentă (sau medie).

Comanda unei sarcini de curent continuu în comutare esențial discontinuă (frecvența

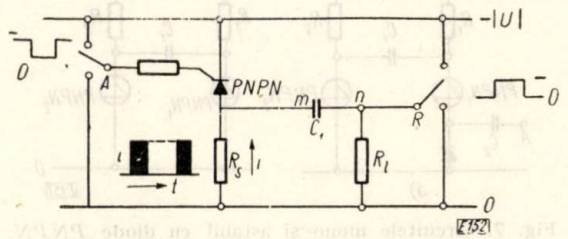


Fig. 8. Circuitul de comutare cu trioda *PNPN*.

foarte redusă și neregulată) se poate executa după schema din figura 8. Poarta este comandată prin salt de tensiune la borna *A*, iar revenirea din starea de conducție se face prin salt de tensiune la borna *R*. Comanda se poate face prin contacte sau prin circuitele tip de comutare statică. Poarta este bine să fie comandată prin intermediul unui monostabil cu temporizare 20 microsecunde. Presupunînd că *R* este la tensiunea zero, se dă un puls dreptunghiular pozitiv (se comută de la minus la zero) pe borna *A*.

Redresorul *PNPN* trece în conducție și sursa debitează putere pe rezistența de sarcină R_s. Condensatorul C_1 se încarcă cu potențial negativ pe borna din stînga. Aplicînd un puls negativ pe borna *R* (se comută contactul *R* la minus) condensatorul se descarcă scurtcircuitînd trioda care trece în blocare, fiind lipsită de curentul de reținere. După descărcarea condensatorului, sarcina nu va mai primi putere.

Comutarea puterii pe o sarcină de curent alternativ cere două redresoare comandabile montate în schema antiparalel. În cazul în care (fig. 9) contactul *A* este deschis, ambele triode *PNPN* sînt blocate în fiecare alternanță: una este supusă tensiunii directe, alta tensiunii inverse, însă rezistența de sarcină

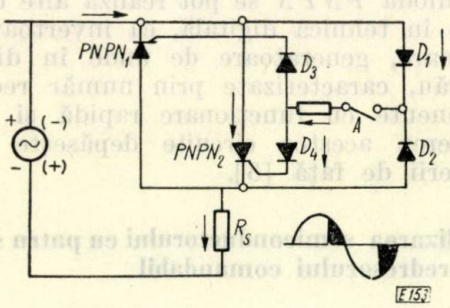


Fig. 9. Comanda unei sarcini de curent alternativ.

R_s nu este străbătută decît de curenții de scăpări. Cînd contactul *A* este închis, în fiecare alternanță curentul de comandă este condus la poarta triodei polarizate direct. Astfel, pentru alternanța corespunzătoare săgeților de pe figură, curentul de comandă trece prin diodele D_1 și D_4, comută în conducție trioda *PNPN2*, și sarcina primește aproape întreaga tensiune a sursei. În alternanța a doua, curentul prin sarcină își inversează sensul. Contactul *A* poate fi acționat

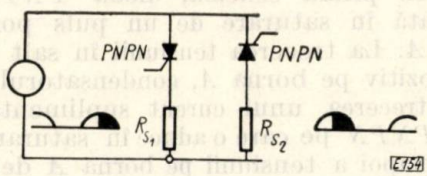


Fig. 10. Comanda unei sarcini secționate de curent continuu.

de un releu oarecare (de curent de tensiune) de un sesizor oarecare (de presiune, regulator de temperatură) etc. În locul contactului *A*, poate fi introdus, în scopul de a comuta triodele, un dispozitiv static de comutare (reactor saturabil, transistor).

Comanda poate fi utilizată în fiecare alternanță, rezultînd o comandă cvasicontinuă.

Comanda unei sarcini secționate de curent continuu utilizînd redresarea monoalternanță pe fiecare secțiune o realizează schema din figura 10. Conducția fiecărei triode poate fi comandată la aceeași fază, sau la fază diferită, încît acțiunea unei secțiuni a consumatorului predomină asupra celeilalte. Acțiunile celor două jumătăți pot fi în același sens sau în sensuri opuse. În acest ultim caz, comanda este în contratimp.

Tensiunea medie pe fiecare secțiune poate fi variată între 0 și 0,45 din tensiunea efectivă a sursei, încît la acțiuni în același sens variația poate fi între 0 și 0,9, iar la acțiune în sensuri opuse este între $\pm$0,45 din tensiunea efectivă a sursei.

Sarcina secționată poate fi comandată alternat (cînd primește energie o secție, cînd alta) de la o sursă de curent continuu, după

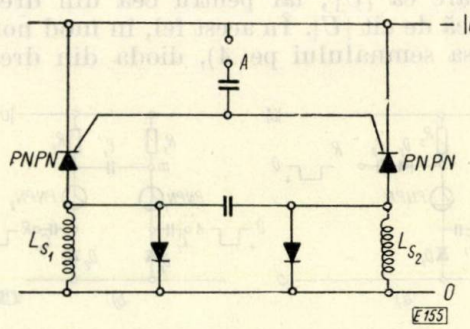


Fig. 11. Comanda în contratimp a unei sarcini inductive secționate.

schema din figura 11. În această schemă, cele două triode constituie un multivibrator bistabil care basculează la un semnal pozitiv trimis la cele două porți (prin borna *A*). Mecanismul

basculării este la fel cu cel descris pentru schema din figura 6, *b*.

Funcțiunea de redresare și variație a fazei de conducție poate fi cumulată de redresoarele comandabile. Schemele care urmează au drept sarcină un consumator de curent continuu alimentat prin redresare bialternantă. La prima dintre ele (figura 12 *a*), redresarea se face în puncte, două dintre redresoare notate *PNPN* fiind comandabile. (Pot fi comandabile toate cele patru redresoare.) Diodele D_1 și D_2 completează puntea de redresare. Comanda fazei de trecere în conducție se face cu puntea de defazare potențiometru-condensator, cunoscută din tehnica conducerii tiratroanelor. Prin potențiometrul P se modifică faza de trecere în conducție a triodelor. Diodele D_3 și D_4 direcționează curenții de comandă în fiecare alternanță spre trioda polarizată direct. În locul potențiometrului poate fi un transistor sau un transductor.

Varianta *b* utilizează numai două redresoare comandabile, alimentate pe rînd în fiecare alternanță de transformatorul T_r cu priză mediană. Dispozitivul de comandă nu a mai fost desenat.

Alimentarea reversibilă ca polaritate a consumatorilor de curent continuu secționați a fost prezentată în schemele 10 și 11. Alte scheme în contratimp pentru alimentarea reversibilă a consumatorilor secționați cu separarea galvanică a secțiunilor (exemplu : două înfășurării de excitație) pot fi compuse din dublarea schemelor : figura 9 (consumator de curent alternativ) și figura 10 (consumator de curent continuu).

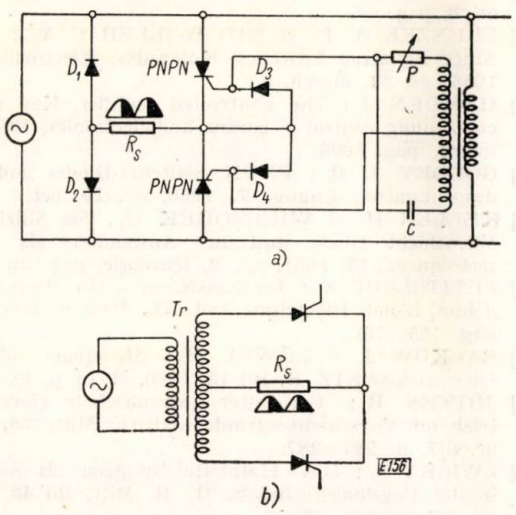


Fig. 12. Comanda reversibilă a unei sarcini de curent continuu cu două borne de atac.

Figura 12 prezintă alimentarea reversibilă ca polaritate sau fază a consumatorilor unici (nesecționați). Pentru schema (*a*), consumatorul este de curent continuu alimentat monoalternanță, însă cu polaritatea reversibilă, după cum este în conducție redresorul de sus sau cel de jos.

Bascularea în sensuri opuse a celor două triode nu trebuie să se facă simultan, pentru

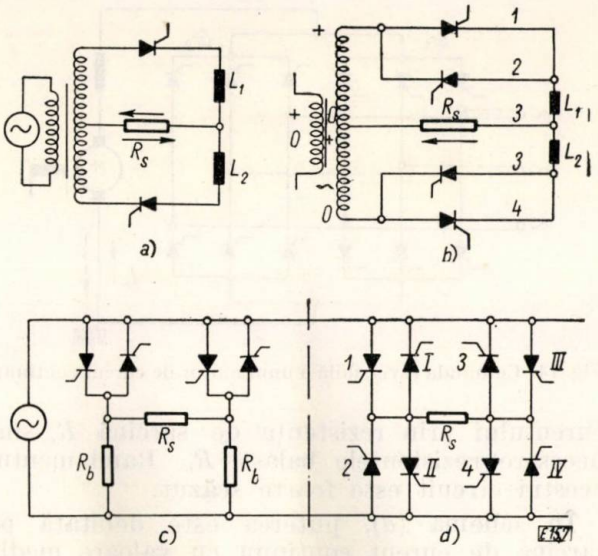


Fig. 13. Comanda reversibilă ca fază sau polaritate a unei sarcini de curent continuu sau alternativ cu două borne de atac.

a nu ocaziona scurtcircuite explicate prin întîrzierea la bascularea din conducție în blocare a triodelor.

Consumatorul schemei (*b*) primește curent alternativ sau curent continuu de valoare medie variabilă ca polaritate sau fază reversibilă, după cum se grupează și se comandă redresoarele.

Se grupează redresoarele *1* și *2* separat de *3* și *4*. Se blochează pentru mai multe cicluri redresoarele *3* sau *4* și se comandă cu fază variabilă redresoarele *1* și *2*. Sarcina va fi străbătută de curent alternativ de valoare medie variabilă, însă în faza cu tensiunea pe primarul transformatorului.

Se blochează grupa *1—2* și se comandă redresoarele *3* și *4*; atunci curentul alternativ prin sarcină va fi în antifază (contrafază, defazat cu 180°) față de situația anterioară. Desigur că legarea capetelor de bobină ale secundarelor transformatorului trebuie să fie făcută astfel ca tensiunile pe cele două înfășurări secundare să fie în opoziție.

În cazul cînd transformatorul are capetele de bobină legate normal ca pentru un secundar cu priză mediană (tensiunile secundare în fază) și se grupează redresoarele *1* cu *4* și *2* cu *3*, sarcina este alimentată cu curent redresat bialternanță și polaritate reversibilă. Pentru un sens al polarității se blochează complet o grupă de redresoare și se comandă o a doua grupă cu fază variabilă de conducție. Inductanțele L_1, L_2 evită posibilitatea unor scurtcircuite la comutarea comenzilor de la un grup de redresoare la celălalt.

Schemele (*c*) şi (*d*) sînt alimentate fiecare în parte de la o singură sursă de curent alternativ. În schema (*c*) sarcina este de curent alternativ. Pentru ca să se poată modifica faza cu 180° a

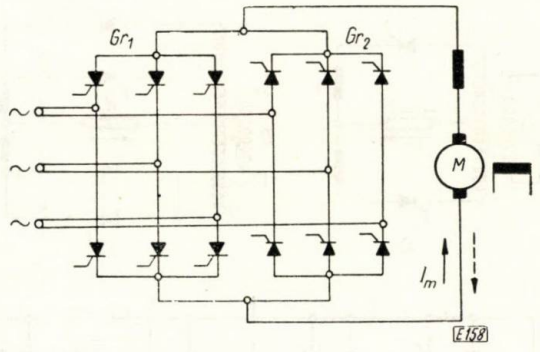


Fig. 14. Comanda reversibilă a unui motor de curent continuu.

curentului prin rezistenţa de sarcină R_s sînt necesare rezistenţele balast R_b. Randamentul acestui circuit este foarte scăzut.

În schema (*d*), puterea este debitată pe sarcina de curent continuu cu valoare medie variabilă şi polaritate reversibilă. Redresoarele comandabile sînt împărţite în două grupe: *1,2,3,4* şi *I,II,III,IV*. Grupa care lucrează cu faza de conducţie comandată determină polaritatea tensiunii pe sarcină, în timp ce a doua grupă este complet blocată.

Pentru mărirea puterii comandate, redresoarele comandabile pot fi montate grupate în serie paralel.

În instalaţiile care folosesc asemenea grupare se iau măsuri de protecţie, în sensul că pe ramurile în paralel se introduc inductanţe, iar în paralel cu redresoarele montate în serie se pun rezistenţe. În cazul redresoarelor în paralel, inductanţa împiedică creşterea rapidă a curentului în redresorul care întîrzie la ieşirea din conducţie. Pentru redresoarele montate în serie, există pericolul ca întreaga tensiune a coloanei să se aplice triodei care trece prima în blocare.

Rezistenţa care şuntează acestă triodă este astfel dimensionată încît să limiteze tensiunea ce se repartizează pe trioda blocată în timpul scurt cît celelalte triode întîrzie la trecerea în blocare.

La fel ca şi tiratroanele, redresoarele comandabile se montează şi în conexiuni polifazate. Această secţie se încheie cu descrierea unei acţionări reversibile.

Redresoarele comandabile pot fi utilizate după scheme asemănătoare cu cele ale tuburilor excitroane monoanodice. Figura 14 reprezintă schema unei acţionări reversibile cu motor de curent continuu. Redresoarele comandabile sînt montate în două grupuri, fiecare grup reprezentînd o punte cu alimentare trifazată. Tensiunea între faze este redresată de fiecare punte în ambele alternanţe, încît curentul continuu are un factor de formă foarte bun.

Fiecare grup redresor (*Gr. 1* şi *Gr. 2*) poate fi considerat ca acţionînd separat dacă redresoarele celuilalt grup sînt blocate. În acest caz, curentul prin motor I_m are unul din cele două sensuri indicate de săgeţi şi motorul se va roti fie într-un sens, fie în sens contrar. Valoarea medie a tensiunii redresate şi deci şi turaţia motorului vor depinde de faza intrării în conducţie a grupului activ de redresoare. Inductanţele L din circuit micşorează vîrfurile valorii instantanee a curentului, micşorînd prin aceasta încălzirea motorului.

Frînarea şi reversarea neîntreruptă a sensului de rotire cer introducerea unor circuite de reglare automată care sînt identice cu cele practicate la instalaţiile cu tuburi excitroane.

Bibliografie

[1] JOFFE A. F.: Poluprovodniki, Izdat Akademii Nauk, Moskva, 1955.
[2] JOFFE A. F.: Poluprovodniki v sovremenoi fizike, Izdat Akademii Nauk, Moskva, 1954.
[3] NAIDIS V. A.: Upravlenie kremmievie ventili i ih primennenie v skemah elecktroprivode, Eelektricestvo, 1960, nr. 6, pag. 93–96.
[4] TĂNĂSESCU T.: Semiconductoarele în tehnică, Automatica şi electronica, **4**, 1960, nr. 3, pag. 97–108.
[5] STERE ROMAN: Transistorul, Editura tehnică, Bucureşti, 1957.
[6] ***: Redresoare comandabile, Elektricestvo, 1959, nr. **8**, pag. 64.
[7] FRENZEL R. P. şi GUTZWILLER F. W.: Solid, State Kyratron Switches Kolowatts, Electronics, **31**, 1958, nr. 52, march.
[8] HAMDEN J.: The controlled rectifier, Key to the continuung control – comm and electronics, 1959, Ianuary, pag. 1006.
[9] GOLDEY J. M.: PNPN Switches-Diodes and triodes – Control, Engng, **7**. 1960, nr. 10, oct.
[10] KELLER H. şi WIECZOREK G.: Sie Silizium – Vierschicht Diode und ihre Anwendung als Schalterfrequenz, **15**, 1961, nr. 2, februarie, pag. 33.
[11] PETITCLERE A.: Le transisteur – thyratron au Silicium, L'onde Electrique, vol. **XL**, 1960, nr. 395, febr., pag. 155–161.
[12] BALKOW J. şi LÖWEL H.: Steuerbare Silizium, Gleichrichter ETZ B, Bd **12**, 1960, H, 19, p. 455–457.
[13] JÖTTEN R.: Geregelter Stromrichter Umkehrantrieb mit Vierschichtentriode, A.E.G., Mitt., **50**, 1960, nr. 6/7, p. 285–287.
[14] ZWICKY R.: Das Halbleiterthyratron als Sellglied in der Regelungstechnick, B. B. Mitt, Bd **48**, 1961, nr. 3/4, p. 267–270.
[15] WEISSHAAR E.: Das Brown Boveri Siliziumthyratron CS 100, B. B. Mitt, Bd **48**, 1961, nr. 314, p. 262–266.

Performanțele și aplicațiile industriale ale redresoarelor de putere cu semiconductoare

Aurel Avramescu* — București

Redresoarele cu semiconductoare cîștigă în prezent teren în dauna redresoarelor mobile (grupuri convertizoare, redresoare mecanice etc.). În viitor se așteaptă o concurență a redresoarelor cu mercur. De aceea, analiza performanțelor atinse, a caracteristicilor tehnice și a aplicațiilor celor mai importante, expuse în continuare, este oportună.

621.314.632.004

În condițiile actuale ale dezvoltării industriei noastre socialiste și ale introducerii tehnicii moderne prevăzute în documentele de partid și de stat, cererile de energie electrică sub formă de curent continuu sînt și vor fi în creștere rapidă, chiar dacă se exclude transmisia energiei în curent continuu de înaltă tensiune. Industria noastră chimică va reprezenta un mare consumator de curent continuu, iar locomotivele electrice moderne unesc avantajele transmisiei de curent alternativ de înaltă tensiune cu cele ale motorului-serie de curent continuu, prin intermediul redresorului montat pe locomotivă [1]. Redresoarele cu semiconductoare [2] găsesc în prezent aplicații tot mai multe, concurînd tipurile clasice de redresoare, datorită robusteței în exploatare, randamentului superior și ancombramentului redus [3].

Din momentul cînd cercetările intense și progresele realizate în tehnica transistorului au permis dezvoltarea unor celule redresoare, diode de mare putere și triode cu caracteristici de tiratron, noi domenii de aplicații — în electrochimie, în sudură și în acționări electrice de medie și mare putere — s-au deschis redresorului cu semiconductoare [4]. Dezavantajul acestor redresoare, și anume sensibilitatea față de suprasarcini și supratensiuni, se previne și se combate în prezent prin măsuri tehnice și constructive corespunzătoare, astfel încît în viitorul apropiat acestora le va reveni un rol din ce în ce mai important în toate instalațiile care necesită curent continuu, ele reprezentînd tehnica înaintată în domeniul redresării curentului alternativ [5].

Avînd în vedere larga răspîndire prevăzută pentru redresoarele cu semiconductoare în utilizările de mare putere, cunoașterea principiilor de funcționare, a construcției și aplicațiilor acestor redresoare se impune în vederea utilizării lor în cele mai bune condiții [6]. Introducerea lor va însemna, datorită randamentului ridicat (de ordinul 98%), realizarea unor importante economii. După ce în lucrări anterioare (Electrotehnica nr. 2/1962) s-au prezentat proprietățile celulelor [6], [7], în cele ce urmează se scot în evidență performanțele și construcția redresoarelor cu semiconductoare în comparație cu alte feluri de redresoare. Apoi se arată modul în care redresorul cu semiconductoare se poate aplica avantajos în diferite domenii în industrie, transporturi și telecomunicații și cerințele de putere în curent continuu. Considerații tehnico-economice urmăresc a demonstra că introducerea pe scară largă a acestor redresoare prezintă mari avantaje de ordin tehnic și economic.

1. Construcția și protecția redresoarelor cu semiconductoare

1.1. **Celulele cu semiconductoare** se pretează la realizarea oricăror *scheme de redresoare* [8]. Pînă la o putere de 1 kW, alimentarea poate să fie de la o priză monofazată; peste 0,5 kW, se obișnuiește racordarea la o rețea trifazată. Pentru redresarea ambelor alternanțe se folosește în general montajul în punte Graetz, reprezentat în figura 1, *b*, în execuție trifazată *MP*. La puteri mari s-au impus cu timpul două montaje, cunoscute de la redresoarele cu vapori de mercur, și anume montajul hexafazat cu bobine de sugere trifazată *BS* și montajul trifazat în punte dublă *PD*. Parametrii caracteristici celor trei montaje sînt comparați în tabela 1, după datele CEI, publicația 84,

Tabela 1

Parametrii caracteristici ai unor montaje de redresoare (după CEI)

Nr. crt.	Parametrul	Notația	*MP*	*PD*	*BS*
1	Tensiunea în gol	U_{v0}/U_{d0}	1,11	0,74	0,855
2	Tensiunea inversă	U_{v0}/U_{d0}	1,57	1,05	2,1
3	Curentul secundar	I_t/I_d	1	0,815	0,289
4	Curentul mediu	$\frac{I_{td}}{I_d}$	0,15	0,333	0,167
5	Puterea aparentă	$\frac{S_t}{U_{d0}\ I_d}$	1,11	1,05	1,26

din 1957. Din tabelă rezultă că la montajul trifazat cu bobine de sugere curenții în secundarul transformatorului sînt deosebit de mici în comparație cu celelalte montaje: în schimb, solicitarea coloanelor redresoare la tensiunea inversă este dublă față de montajul în punte

* Prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R., este șef de laborator la ICET.

dublă trifazată. Parametrii punții în monofazat sînt bineînțeles mai defavorabili decît cei ai montajelor în tri- și hexafazat. Montajul *BS* se utilizează pînă la cei mai mari curenți (instalații de 200 kA).

1.2. **Compunerea redresoarelor din elemente.** Celulele cu germaniu și siliciu moderne au atins performanțe care permit introducerea lor în exploatare în condiții de continuitate de serviciu și securitate obișnuite. Realizarea de unități redresoare cu parametrii ceruți de exploatare se poate asigura în cazul cînd, cunoscînd proprietățile celulelor, acestea se pot grupa în serie și în paralel, după necesități, și se iau măsuri eficace de protecție contra supratensiunilor și suprasarcinilor accidentale, față de care celulele cu germaniu și siliciu sînt deosebit de sensibile [9].

Legarea în paralel mărește sarcina de curent direct la aceeași tensiune inversă. Dificultatea de întîmpinat este repartizarea cît mai uniformă a curentului pe celule. Aceasta depinde de neuniformitățile în atingerea unor caracteristici în sens direct. În condițiile fabricației se admite aici o uniformitate de cel mult $\pm$ 20% în rezistența directă, ceea ce înseamnă că, în cazul cînd rezistența este cu 20% mai mare, curentul scade cu 20% și încărcarea a două celule legate în paralel este de numai 180% din încărcarea nominală a ambelor.

Coeficientul de temperatură negativ al semiconductoarelor contribuie la mărirea neuniformității. El este în general contrabalansat de coeficientul de temperatură pozitiv și mult mai mare la siguranța fuzibilă legată în serie (pentru motive de protecție). Este important ca legăturile la grupele legate în serie să aibă inductivități egale, deci să formeze pe cît se poate bucle cu aceeași suprafață, pentru a evita ca la curenți mari repartizarea să se dezechilibreze din cauza reacției diferite a căilor de curent în paralel.

Legarea în serie pune, în cazul celulelor cu semiconductoare cristaline, probleme mult mai dificile. La schimbarea bruscă a polarității electrozilor, purtătorii de sarcini care au o anumită repartizare urmează a fi regrupați. Regruparea cere însă timp, care este de ordinul microsecundelor, dar poate diferi de la o celulă la alta. Această dispersie statistică poate să aibă ca urmare ca, dintre mai multe celule legate în serie, una, care are timpul cel mai scurt de revenire, să preia întreaga tensiune inversă a celorlalte celule legate în serie.

Dispersia caracteristicilor în sens invers și neuniformitatea în timpul de revenire al celulelor legate în serie se pot elimina printr-un potențiometru în paralel cu celulele, care să asigure o repartizare uniformă a tensiunii inverse cumulate asupra celulelor legate în serie. Pierderile în acest potențiometru — care poate fi de mare rezistență — vor fi în general neglijabile față de puterea redresată prin coloana de celule legate în serie, și deci randamentul total nu va fi influențat. Potențiometrul capacitiv în care capacitățile sînt legate în serie cu rezistențe de amortizare este și mai potrivit pentru eliminarea supratensionării unei celule legate în serie cu altele. Potențiometrul capacitiv egalizează și tensiunea altor celule legate în serie.

Deci, cu respectarea unor măsuri speciale de protecție pentru celulele de germaniu și siliciu (potențiometru *CR*), legarea în serie nu prezintă dificultăți. Cum uniformitatea caracteristicilor se poate asigura atît printr-o fabricație foarte îngrijită cît și, la nevoie, prin sortarea celulelor, legarea în paralel a celulelor este posibilă dacă sarcina normală se reduce cu 10—15%, pentru a acoperi neuniformitățile de circa 20% ce nu se pot elimina în fabricație.

1.3. **Protecția redresoarelor.** Protecția cere o atenție deosebită în cazul semiconductoarelor, din cauza capacității lor termice și deci de supraîncărcare foarte reduse (celula de siliciu suportă un curent de 15 $\times$ I_n numai pe timp de 1 ms), cît și din cauza sensibilității față de scurtcircuite și supratensiuni ce depășesc o anumită limită bine determinată, în funcție de semiconductor și de tip. Protecția se realizează cu ajutorul siguranțelor rapide ale scurtcircuitorului și ale disjunctorului rapid.

Scurtcircuitul intern apare dacă celula își pierde capacitatea de a bara tensiunea inversă. În acest caz se scurtcircuitează tensiunea de alimentare și trebuie să funcționeze protecția selectivă a acestei surse. Curentul de scurtcircuit crește, în funcție de inductanțele și rezistențele circuitului de alimentare (de constantele de timp), în cîteva milisecunde, la valoarea sa staționară.

Scurtcircuitul extern se consideră cel pe partea de c.c. Curentul trece în cîteva milisecunde la valori foarte mari și periclitează celulele redresoare, care, așa cum s-a arătat, au o capacitate termică proprie mică. Puterea pierdută în celulă se înmagazinează și ridică temperatura ei în funcție de integrala $\int J^2 dt$. Protecția celulei trebuie să lucreze atît de repede încît să nu se depășească temperaturile-limită ale celulei. Din această cauză, pentru protecția celulelor se întrebuințează siguranțe fuzibile rapide, cu precauții speciale ca la topire ele să nu producă supratensiuni periculoase pentru celule.

Supratensiuni pot interveni la conectarea sau deconectarea sursei, la arderea siguranțelor și din influențe exterioare. Față de ele celulele se protejează prin măsuri de protecție pe căile de acces ale supratensiunilor, prin condensatoare legate în paralel și rezistențe de amortizare în serie. În lipsa lor, supratensiunile de comutare trebuie să fie suportate de redresor. Din această cauză se prevede o rezervă suficientă la tensiunea inversă maximă aplicată,

spre a se putea prelua aceste supratensiuni de către celule, fără stricăciuni și defecte [9].

Siguranțele fuzibile cu mare putere de rupere și de o formă specială, adaptată gabaritelor unei celule, inclusiv dispozitivul de răcire, se pot monta în diferite feluri. Schema de protecție cu siguranțe a unui redresor mare cu siliciu sau germaniu este complicată, deoarece trebuie să se țină seamă de toate posibilitățile de defectare și de extindere cît mai mică a părții scoase din funcțiune (fig. 1). Protecția individuală a fiecărei celule se prevede la redresoarele mari și la celulele de mare debit, deoarece asigură o eliminare selectivă a celulei cu defect intern (*a*). La redresoarele mici se prevăd siguranțe pe grupele montate în serii, respectiv pe fazele secundare ale transformatorului (*b*). Caracteristica de topire a siguranței se adaptează la caracteristica de suprasarcină termică medie admisibilă a celulei sau grupei de celule protejate. Dacă această adaptare este completă (100%), siguranța protejează celula în toată gama de suprasarcini, pînă la scurtcircuit. Această condiție este greu de îndeplinit și cere o cercetare deosebit de minuțioasă a construcției și funcționării fuzibilului, mai ales la curenți mari. De aceea, domeniile de suprasarcini se împart pe diferite mijloace de protecție [10].

Scurtcircuitorul permite o dimensionare scurtă a coloanelor redresoare, deoarece preia protecția față de suprasarcini și scurtcircuite provenite din circuitul de curent continuu. El este mai rapid decît disjunctoarele de c.a. sau c.c. deoarece nu depinde de timpul de rupere a arcului, timpul lui propriu fiind de 2—2,5 ms [11]. Schema de conexiuni se vede în figura 1, *c*. Un scurtcircuitor special a fost conceput pentru a pune în cîteva milisecunde în scurtcircuit redresoarele cu contacte, în caz de defect, și a le feri de distrugere. După o tehnică nouă, scurtcircuitorul este presat pe contactele sale de presiunea creată de explozia unui fir fuzibil într-un patron umplut cu grăsimi, a cărui explozie produce presiunea [12]. Acest dispozitiv de protecție rapidă a fost preluat de la redresorul cu contacte la redresorul cu siliciu de mare putere, pentru a-l pune la adăpost de efectele scurtcircuitelor pe partea de curent continuu. Scurtcircuitoarele moderne se construiesc pentru amplitudini de curent ce ating 200 kA. Racordul se face cu ajutorul unei bride puternic presate de buloane. Contactele tip tijă-tulipă se închid cu o viteză de 3 m/s și totuși nu vibrează, ceea ce evită sudarea lor. Scurtcircuitorul prezintă dezavantajul că solicită dinamic înfășurările transformatorului.

Disjunctorul rapid de c.c. asigură protecția unui redresor în cazul cînd acesta este dimensionat suficient de larg spre a putea suporta scurtcircuite pînă cînd declanșează disjunctorul. În acest caz nu este nevoie de scurtcircuitor și transformatorul este ferit de solicitări dinamice repetate. Declanșarea se amorsează atît la curenți cît și la o pantă de creștere a curentului ce întrece o anumită limită. Timpul

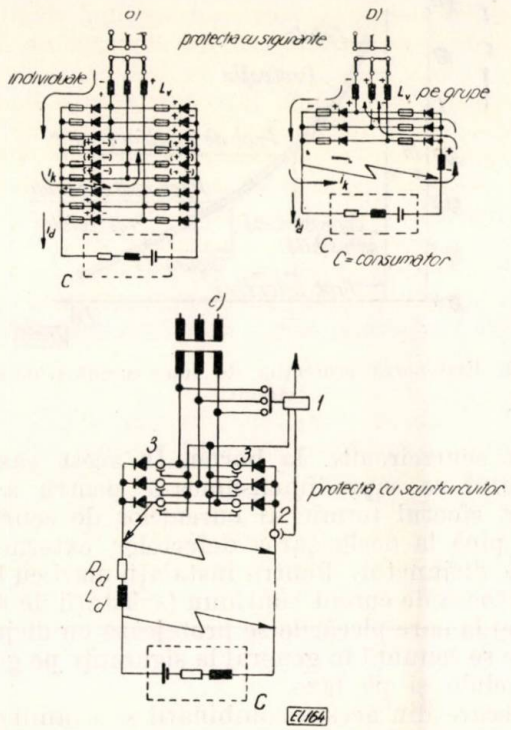


Fig. 1. Scheme de protecție a redresoarelor cu siguranțe: *a* — individuale; *b* — pe grupe; *c* — pe faze; *1* — scurtcircuitor; *2* — reductor de curent; *3* — celule.

de declanșare cuprinde și timpul de arc și întîrzierea bobinei declanșatorului. La nevoie se reduce curentul de scurtcircuit prin mărirea unor reactanțe în transformator, în circuitul de curent continuu, sau se intercalează o bobină de inducție limitatoare de curent. O rupere prea rapidă a arcului poate produce supratensiuni de comutare ce pot deranja coloanele redresoare; de aceea, funcționarea disjunctorului rapid cere o examinare atentă.

Disjunctorul de c.a. trebuie să declanșeze în puține perioade defectele din transformator, din redresor și din circuitul de curent continuu. Se preferă disjunctoarele pneumatice rapide cu o durată de arc de 2—3 perioade, deoarece astfel transformatorul este ferit de efecte dinamice prelungite.

Combinația mijloacelor de protecție este necesară la redresoarele de mare putere cu germaniu și siliciu pentru a declanșa selectiv defectele interne și externe [8]. Siguranța reprezintă protecția cea mai rapidă (sub 1 ms), ea fiind urmată de scurtcircuitor (2—3 ms) și apoi de disjunctorul rapid (5—12 ms). Eșalonarea protecției se poate urmări în figura 2.

Pentru redresoare cu putere mică se aplică siguranțe și un disjunctor de curent alternativ, dacă prin natura exploatării nu sînt de așteptat scurtcircuite frecvente.

Instalațiile mari și importante, cu scurtcircuite rare, se protejează simultan cu toate mijloacele arătate. La scurtcircuitor se renunță dacă transformatorul nu poate suporta numeroase scurtcircuite la borne. În acest caz redresorul se supradimensionează pentru a suporta efectul termic al curenților de scurtcircuit pînă la declanșarea defectelor externe de către disjunctor. Pentru instalații mari cu bare colectoare de curent continuu (substații de tracțiune) la care plecările se protejează cu disjunctoare se renunță în general la siguranțe pe grupe de celule și pe faze.

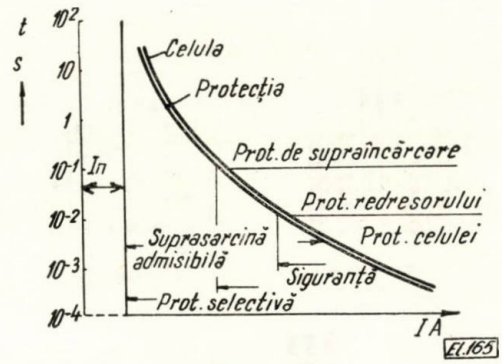


Fig. 2. Eșalonarea protecției de suprasarcină și de scurtcircuit.

Fiecare din aceste combinații se examinează detaliat, pe baza caracteristicilor de încălzire a coloanelor redresorului și a diferitelor mijloace de protecție.

1.4. **Reglarea redresoarelor.** Celulele diode obișnuite, cu semiconductoare (Se, Ge, Si), nu se pot comanda ca tiratronul sau redresorul cu vapori de mercur cu grilă. Numai noile celule triode comandate permit aceasta. De aceea, reglarea parametrilor la redresoare cu diode se face cu alte mijloace, ca reglarea în trepte a tensiunii primare sau secundare a transformatorului și reglarea cu amplificatoare magnetice. La instalații mari se prevăd ambele reglări.

Reglarea în trepte în primarul transformatorului este economică pînă la rapoarte de 1 : 3 sau 1 : 4, la tensiuni primare medii (10—30 kV). La plaje mai largi de reglare sau tensiuni primare mai înalte se prevede un autotransformator reglabil separat sau combinat cu transformatorul propriu-zis. Uneori se prevăd trei regulatoare în trepte monofazate, cunoscute de la locomotivele electrice. Transductoarele preiau reglarea continuă a tensiunii alternative între treptele transformatorului.

1.5. **Construcția dulapurilor cu celule semiconductoare.** Elementele constructive ale redresoarelor, și anume coloanele de celule redresoare, dispozitivele de protecție (siguranțele și eventual scurtcircuitorul), instalația de răcire, clemele, barele și legăturile, aparatele de măsură, comandă și semnalizare și dispozitivele auxiliare se unesc în dulapuri de dimensiuni standardizate. Unele firme constructoare au normalizat chiar dimensiunile subansamblurilor [9].

Barele de racord și de distribuție și aparatele de conectare de curent alternativ se unesc într-o subunitate, iar coloanele redresoare, siguranțele, instalația de răcire și barele de curent continuu în alta, similară.

2. Randamentul

2.1. **Randamentul celulelor.** Valoarea pierderilor în sens direct și în sens invers se poate deduce aproximativ din relații teoretice și se poate confirma pe baza curbelor caracteristice în sens direct și în sens invers înregistrate experimental (fig. 3).

Pierderile în sens direct depind de curent și se exprimă astfel:

$$P_d = \frac{1}{\pi} I_m U_d (I) = \bar{I} U_d,$$

în care:

$\bar{I}$ este valoarea medie a curentului;
$U_d (I)$ — tensiunea care corespunde caracteristicii amplitudinii I_m.

Aceasta se poate scrie aproximativ

$$U_d - U_p = I_d R_d,$$

unde U_p este tensiunea de prag, iar R_d — rezistența diferențială directă.

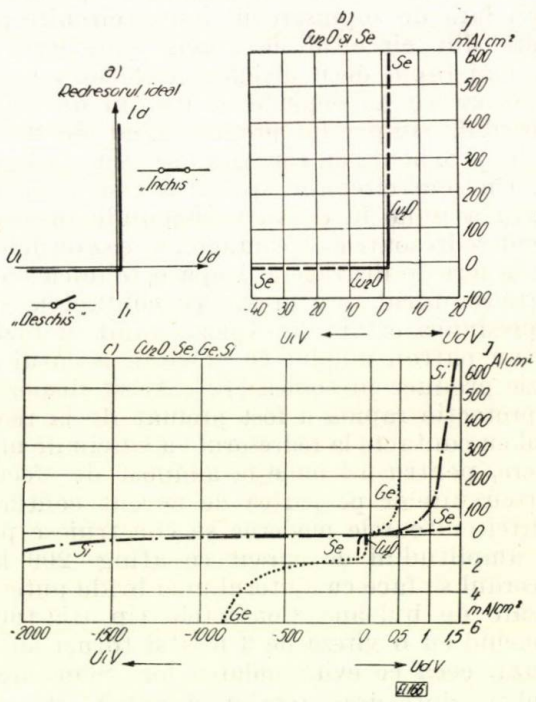


Fig. 3. Curbe caracteristice ale redresoarelor:
a — redresorul ideal (întreruptor); *b* — celule cu Cu_2O, Se, Ge, Si.

Pierderile în sens invers se scriu:

$$P_i = \frac{1}{\pi} U_m I_{1s} = \bar{I} U_{is},$$

unde $\overline{U}_{is}$ este valoarea medie a tensiunii inverse, iar I_{1s} — curentul invers de saturație.

Puterea totală în circuitul de curent continuu se poate scrie:

$$P = \frac{1}{4} I_m U_m ,$$

iar randamentul:

$$\eta = \frac{P - P_d - P_i}{P} = 1 - \frac{4U_d}{\pi U_m} - \frac{4I_{si}}{\pi I_m} ;$$

deci, randamentul crește dacă ambele condiții —

$$U_d/U_m \ll 1 \text{ și } I_{si}/I_m \ll 1$$

— sînt îndeplinite. Aceste condiții se pot aprecia din curbele caracteristice.

La temperaturi ce nu întrec 60°C în celule de germaniu și siliciu pierderile inverse reprezintă o cotă mai mică de 0,01% din pierderile directe, deci se pot neglija.

La redresoarele cu siliciu randamentul este deci cu atît mai bun cu cît tensiunea inversă este mai mare decît căderea de tensiune în sens direct. Cum aceasta la curentul nominal nu depășește 1,5 V (cu o tensiune de prag de 0,7 V) și cum tensiunea de încercare este de 1 200 V, iar tensiunea de vîrf inversă $U_m = 600$ V, rezultă pentru celulele de siliciu randamente de peste 99,8%. Aceste valori, foarte mari, mai scad, întîi din cauza pierderilor în siguranțele de protecție în serie cu celulele și apoi din cauza pierderilor în bare și în ventilatoare sau alte instalații de răcire forțată.

2.2. Randamentul instalațiilor de redresoare. Randamentul unui redresor $\eta = \frac{P=}{P\sim}$ se compune multiplicativ din randamentul teoretic al redresării η_r, randamentul sistemului redresor η_s și randamentul transformatorului η_t:

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_s \cdot \eta_t .$$

Randamentul redresării η_r depinde de schemă și este — pentru redresorul ideal, fără filtru și fără bobine — pentru scheme cu legătură mediană (*1*), respectiv punte Graetz (*2*), în:

	(*1*)	(*2*)
— montajul monofazat	0,405	0,811
— montajul bifazat	0,811	—
— montajul trifazat	0,968	0,9983
— montajul hexafazat	0,9983	0,9999

Randamentul transformatorului corespunde în general celui al unui transformator obișnuit de același tip, fiind cu ceva inferior la transformatoarele polifazate, din cauza utilizării mai slabe a înfășurărilor.

La puteri mari (de peste 1 MW), transformatorul are un randament care se apropie de 98%, iar montajele hexafazate au randamente de redresare de 99,8% și chiar mai mult. Deci, randamentul total al redresorului depinde în mod esențial de randamentul sistemului redresor propriu-zis și se compune din randamentul celulelor și din ramdamentul circuitului.

Or, randamentul celulelor de siliciu bune se situează la tensiuni peste 100 V, într-o plajă

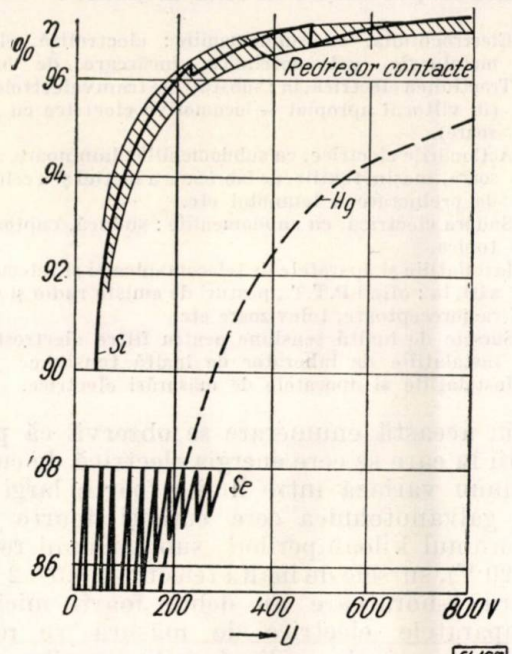


Fig. 4. Randamentul redresoarelor mari, în funcție de tensiunea continuă, inclusiv transformatoare și reglaje.

largă de sarcini, în jurul valorii de 99%, astfel încît randamentul total este foarte apropiat de 98%. Astfel, la un redresor cu siliciu de 650 V, 12,5 kA, s-a măsurat un randament total de 97,93%. La tensiunea de 800 V randamentul ar fi de 98,1% (fig. 4). Salturi în curba randamentului la siliciu în figura 4 apar la tensiuni la care se impune legarea unui nou element în serie.

Față de aceasta, randamentul redresorului cu vapori de mercur depinde în mod esențial de căderea de tensiune în arc, care este de circa 20 V. Astfel randamentul acestui sistem redresor este, la 100 V, de cel mult 80%, la 180 V — de 90%, la 380 V — de 95% ș.a.m.d. La aceasta se adaugă pierderi mult mai importante în echipamentul auxiliar al pompelor de vid și al răcirii cu apă.

De aceea, randamentul total al unui redresor de mare putere cu vapori de mercur variază sensibil cu tensiunea, fiind de circa 86,5% la 200 V, de 92% — la 400 V și atingînd abia la 600 V cifra de 94%.

Grupurile redresoare cu mașini rotative rămîn mult în urma acestor valori, din cauză că intervin două mașini în serie, cu randamente de cel mult 85—90%, astfel că randamentul lor total este de cel mult 72—80%. În țara noastră funcționează încă grupuri redresoare vechi, cu randament mai mic decît 70%.

3. Domenii de aplicație

3.1. Categoriile de consumatori principali de curent continuu. Aceștia se pot clasifica, în ordinea importanței, în felul următor :

— Electrochimia, cu subdomeniile : electroliză, electrometalurgie, galvanotehnică, încărcare de baterii.
— Tracțiunea electrică, la : substații de tramvaie, troleibuze (în viitorul apropiat — locomotive electrice cu redresoare).
— Acționările electrice, cu subdomeniile : laminoare, ascensoare, mașini textile, de fabricare a hîrtiei și a celulozei, de prelucrare a lemnului etc.
— Sudura electrică, cu subdomeniile : sudură, cuptoare de topire.
— Instalațiile și aparatele de telecomunicații și telemecanizări, la : oficii P.T.T., posturi de emisie radio și video, radioreceptoare, televizoare etc.
— Sursele de înaltă tensiune pentru filtre electrostatice, instalațiile de laborator de înaltă tensiune.
— Instalațiile și aparatele de măsurări electrice.

Din această enumerare se observă că parametrii în care se cere energia electrică de curent continuu variază între limite foarte largi : pe cînd galvanotehnica cere curenți foarte mari (de ordinul kiloamperilor), sub tensiuni reduse (8—20 V), sursele de înaltă tensiune (0,5—2 MV) pentru laboratoare au debite foarte mici, iar în aparatele electrice de măsură se redresează curenți de ordinul miliamperilor, sub tensiuni foarte mici (sub 1 mV). Adaptarea redresorului la necesitățile exploatării respective impune deci o atenție deosebită, datorită plajelor largi în care variază parametrii ceruți de consumatori.

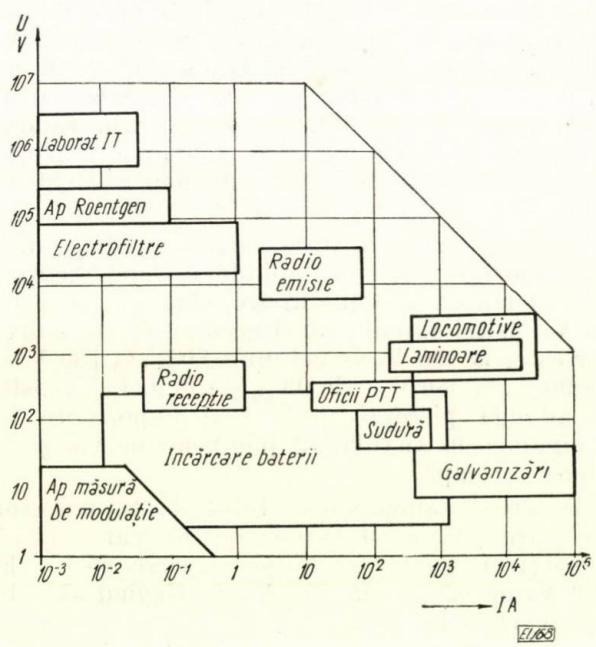


Fig. 5. Consumatori tipici de c.c. redresat.

Pentru a avea o vedere de ansamblu asupra domeniilor de aplicație și asupra limitelor între care diferitele tipuri de redresoare prezintă avantaje față de altele — care împreună permit alegerea tipului de redresor celui mai corespunzător unui anumit scop — este indicată utilizarea unei diagrame duble logaritmice reprezentînd tensiunea în funcție de curentul continuu, la aceeași scară, astfel încît liniile de egală putere devin drepte perpendiculare pe bisectoarea axelor de coordonate [13]. În acest fel, pentru orice punct de pe diagramă se pot găsi imediat tensiunea, curentul și puterea debitată, și, invers, din mărimile electrice se deduce zona în care unul sau alt redresor este mai avantajos, dacă aceste zone sînt marcate pe diagramă.

Figura 5 reprezintă diagrama zonelor ocupate de principalii consumatori de curent continuu. În colțul din stînga jos, la tensiuni, curenți și puteri minime sînt aparatele de măsură, la puteri ceva mai mari și tensiuni de sector — aparatele de radiorecepție, iar la curenți mai mari și aceleași tensiuni — zona largă a surselor pentru încărcarea bateriilor de acumulatoare. Pînă la curenții cei mai puternici, de peste 10 kA, ajung băile galvanice sub tensiuni reduse, de 8—20 V, pe cînd instalațiile de electroliză cer sursele cele mai puternice, cu curenți pînă la 200 kA, sub tensiuni de ordinul cîtorva sute de volți. Tensiuni pînă la 800 V și o largă gamă de curenți necesită acționările electrice, mașinile rotative, electromagneții și alte dispozitive electromecanice. La puteri mari ajung în acest domeniu motoarele reglabile ale liniilor de laminoare. Tensiuni mai ridicate, date fiind puterile mai mici, necesită motoarele de tracțiune electrică. Curenți și puteri și mai mici, dar tensiuni și mai mari (pînă la 20 kV), cer posturile de radioemisie și radar, iar tensiuni și mai mari (100 kV) — filtrele. La cele mai înalte tensiuni (peste 1 MV) ajung instalațiile laboratoarelor de încercare a izolațiilor, curenții fiind foarte mici.

3.2. Performanțe atinse. Pe o diagramă de același fel s-au reprezentat, în figura 6, zonele în care, după ultimele informații, se pot aplica în mod avantajos redresoarele cu semiconductoare [14].

Aceste zone suferă modificări datorită evoluției unuia sau altuia dintre tipuri. Față de situația de acum 15 ani, folosirea redresorului cu Cu_2O a fost restrînsă la domeniul aparatelor de măsură și al aplicațiilor similare din domeniul tensiunilor de utilizare directă, el fiind înlocuit prin redresorul cu seleniu, mai puțin vulnerabil și mai puțin ancombrant. Redresorul cu germaniu a ocupat curînd zona tensiunilor joase la curenți mari, înlocuind aici pe cel cu seleniu. În zonele tensiunilor mai ridicate și ale puterilor celor mai mari cerute (pînă la 40 MW), redresorul cu siliciu se afirmă categoric față de alte semiconductoare, datorită tensiunii inverse mari (600 V) și a curenților pînă la 1 kA care pot trece printr-un singur element. Legarea în paralel și în serie a acestor elemente puternice, mai ușor posibilă decît la redresoa-

rele cu germaniu, acoperă cererile pînă la puteri de ordinul a 200 MW, avînd în vedere posibilitatea ca două sau mai multe unități de 40 MW să lucreze în paralel. Și la cele mai înalte tensiuni și curenți mici redresorul cu siliciu nu are vreun concurent de seamă, din cauza tensiunii inverse, care poate urca pînă la 1 kV pe element, și a spațiului mic ocupat [30].

3.3. **Comparație cu alte redresoare.** În afară de redresoarele cu semiconductoare, domeniile de aplicație sînt în general acoperite și de alte feluri de redresoare, față de care ele trebuie să se afirme prin calități și performanțe superioare (fig. 7 și tabela 2).

Redresoarele mecanice de diferite construcții ocupă o gamă largă de debite. În aparatele de măsură, redresorul rotativ (colectorul) este superior redresorului cu Cu_2O, din cauză că este conductor la cele mai mici tensiuni și are o cădere de tensiune directă mai mică. El se preferă în aparatele de precizie (de exemplu, în vectormetru).

Vibratorul a fost înlocuit aproape complet de alte feluri de redresoare, de exemplu de cele cu seleniu, din cauza zgomotului, a uzurii și a perturbațiilor radio. Vibratorul cu ac sau cu segmente rotative pentru tensiuni mari este în prezent înlocuit peste tot de coloane redresoare de seleniu și, mai recent, de siliciu.

În mod surprinzător, redresorul cu vînă de mercur își mai găsește aplicații, între altele, ca mutator pentru producerea curentului alternativ monofazat de 220 V dintr-o baterie de acumulatoare de 60 V [13]. La puteri și

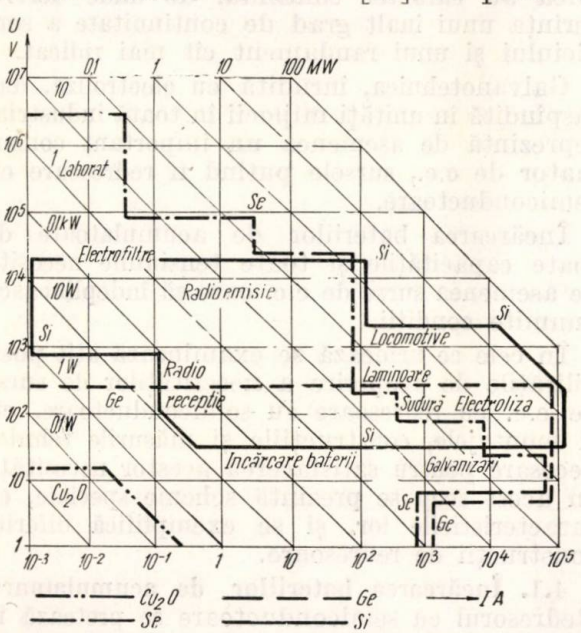


Fig. 6. Domeniile de aplicare a redresoarelor cristaline.

curenți foarte mari, redresorul cu contacte a cunoscut o evoluție interesantă, în cursul căreia s-a perfecționat construcția lui mecanică; reducîndu-se masele în mișcare rapidă, s-au redus considerabil mărimea și masa bobinelor saturate; în sfîrșit, s-au perfecționat dispozitivele de protecție împotriva scurtcircuitelor și dezechilibrului tensiunilor. Datorită randamentului

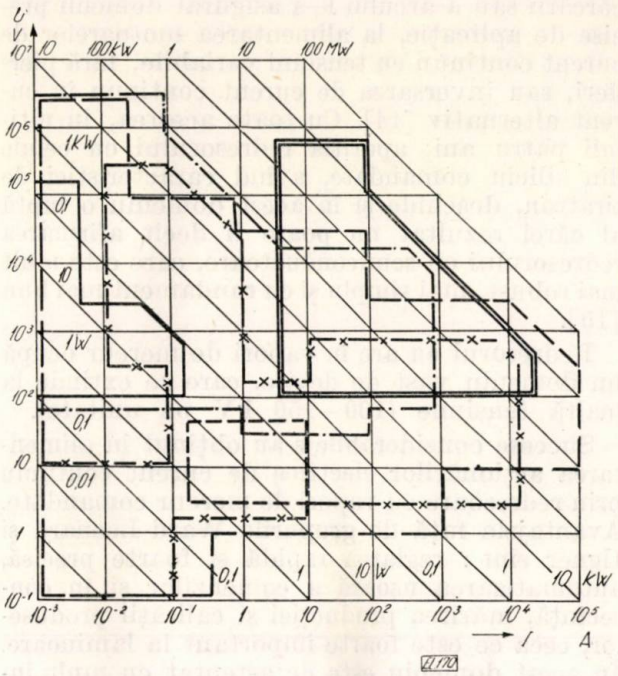


Fig. 7. Domeniile în care apare concurența altor tipuri de redresoare:
—x—x— redresor mecanic;
—— —— redresor cu semiconductoare;
– – – – redresor electrolitic;
═══ redresor cu mercur;
—·—·— redresor termoionic;
——— redresor cu licăriri.

de 98%, limitat la unități mari numai de pierderile în bobinele saturate, redresorul cu contacte perfecționat s-a introdus în instalațiile de electroliză, unde nu se cereau tensiuni peste 600 V, ci puteri foarte mari. Aici el este întîmpinat de redresorul cu siliciu de mare putere, care, fiind static, fără bobine saturate, fără uzură mecanică și electrică, dar cu un randament ce atinge 98,5%, reprezintă un concurent puternic. Este de așteptat ca această luptă să fie cîștigată de redresorul cu siliciu.

Redresoarele termoionice cu catod cald pierd teren, în ciuda lipsei curentului invers, în favoarea redresoarelor cu semiconductoare, din cauza duratei de viață limitate, a fragilității și a servituții de a necesita o sursă separată pentru încălzirea catodului. Lampa cu vid (kenotronul), care, pînă acum zece ani, la tensiuni de peste 60 kV a concurat cu succes redresorul mecanic cu ac sau disc, este înlocuită în instalațiile moderne prin redresoare cu seleniu și, mai recent, cu siliciu. Lampa cu atmosferă de gaze nobile (gazotronul) sau vapori metalici (tiratronul) domină tensiunile pînă la 20 kV și curenții pînă la 1 kA, la curenți de peste 500 A fiind concurată de redresorul cu

vapori de mercur, care o depășește la curenți mari și foarte mari (peste 100 kA).

Avantajul considerabil de a putea comanda prin grilă, la aceste redresoare, aprinderea descărcării sau a arcului le-a asigurat domenii precise de aplicație, la alimentarea motoarelor de curent continuu cu tensiuni variabile, fără pierderi, sau inversarea de curent continuu în curent alternativ [14]. Cu toate acestea, în ultimii patru ani, apariția redresorului cu celule din siliciu comandate, avînd caracteristici de tiratron, deschide și în acest domeniu o luptă al cărei rezultat nu poate fi decît afirmarea redresorului cu semiconductoare, care este mult mai robust, mai simplu și cu randament mai bun [15].

Redresorul cu arc în vapori de mercur ocupă un domeniu vast de debite, care se extinde la înaltă tensiune (100—150 kV pe unitate).

Succese considerabile s-au obținut în alimentarea acționărilor electrice de curent continuu prin redresoare cu vapori de mercur comandate. Avantajele față de grupurile Ward-Leonard și Ilgner sînt: reglarea rapidă și foarte precisă, automatizarea ușoară a comenzilor și, în consecință, mărirea producției și calității produselor, ceea ce este foarte important la laminoare. În acest domeniu este de așteptat cu mult interes introducerea redresorului comandat cu siliciu, care nu necesită instalații auxiliare pentru vid și răcire cu apă, este mult mai puțin pretențios la întreținere și se pretează la aceleași perfecționări în ce privește reglarea. O comparație a redresoarelor cu contacte, cu tuburi, cu grilă și cu celula nouă triodă cu Si se realizează în tabela 2.

Tabela 2

Comparația unor redresoare comandate

Nr. crt.	Parametrul	Întrerupătorul	Tubul cu grilă	Tiristorul
1	Rezistența de trecere	foarte mică	apreciabilă	mică
2	Rezistența de baraj	infinită	foarte mare	foarte mare
3	Tensiunea de prag	nulă	mare (10 — 30 V)	mică (0,3—1V)
4	Tensiunea inversă	mare	mare	mică
5	Durata inversării	foarte mică	mare	mică
6	Puterea de comandă	mijlocie	mică	mică
7	Randamentul	mare	mare (la U mare)	mare (la U mic)
8	Influența temperaturii	nu există	moderată	mare
9	Spațiul ocupat	mic	mic	foarte mic
10	Suprasarcinile admisibile	mari	scurte, mari	mici

Ignitronul s-a introdus în execuție monoanodă în construcția redresoarelor mari hexafazate și în tracțiunea electrică, pe locomotive. Aici el va întîlni concurența redresorului cu siliciu, mai robust din punct de vedere mecanic, mai simplu în exploatare și mai economic. În transmisia de energie de curent continuu ignitronul este încă singurul redresor care se aplică.

În afară de transmisia de 2×100 kV prin cablu submarin la insula Gottland (executată de ASEA), cele două transmisii importante din U.R.S.S. — și anume cea în cabluri de la Kașina la Moscova, de 2×100 kV, 30 MV, și cea pe linie aeriană, de la Volgograd în Donbas, de 2×400 kV și 750 MV — utilizează redresoare cu vapori de mercur, de înaltă tensiune, cu grilă, legate în serie și în paralel, stațiile terminale fiind atît redresoare cît și mutatoare.

O concurență din partea redresoarelor cu siliciu nu se prevede încă în acest domeniu de tensiuni și debite, care interesează de altfel mai puțin țara noastră.

4. Aplicații electrochimice și electrometalurgice

Electrochimia și electrometalurgia sînt strîns legate de utilizarea energiei electrice sub forma curentului continuu. Consumul de energie în industriile respective este foarte mare. De exemplu, se știe că fabricația unei tone de Al necesită 18 000 kWh. Procesele din industria chimică au caracter continuu, de unde derivă cerința unui înalt grad de continuitate a serviciului și unui randament cît mai ridicat.

Galvanotehnica, înrudită cu electroliza, dar răspîndită în unități mijlocii în toată industria, reprezintă de asemenea un important consumator de c.c., sursele putînd fi redresoare cu semiconductoare.

Încărcarea bateriilor de acumulatoare de toate capacitățile și toate tensiunile necesită de asemenea surse de c.c. care să îndeplinească anumite condiții.

În cele ce urmează se examinează atît posibilitățile de acoperire a necesităților de surse de c.c. cu redresoare cu semiconductoare, cît și montajele, construcțiile și măsurile tehnice necesare pentru satisfacerea acestor necesități. În acest scop se prezintă scheme speciale, cu caracteristicile lor, și se exemplifică diferite construcții de redresoare.

4.1. Încărcarea bateriilor de acumulatoare. Redresorul cu semiconductoare se pretează în mod deosebit la încărcarea bateriilor de acumulatoare, datorită caracteristicii sale $U—I$ descendente în domeniul curenților mici. Încărcarea se face sau rapid, în 3—4 ore, cu un curent mediu mare, menținut aproape constant, sau în tampon, cu curenți variabili după tensiunea bateriei, respectiv curentul cerut. Panta

dI/dU se poate mări cu ajutorul unor transductoare. La 2,4 V/element, curentul de încărcare de trei ore trebuie să scadă la 10% din valoarea sa în cazul încărcării în tampon, ceea ce se realizează ușor, datorită pantei mari în zona curenților mici.

Schema principială se compune din: transformatorul de adaptare, coloanele redresoare — montate de obicei în punte Graetz — eventual un filtru, siguranțe și aparate de comutare. Acoperirea metalică trebuie să asigure o răcire eficace a coloanelor redresoare. În aceste aparate se poate renunța la filtre dacă se ține seamă de efectul termic al curentului redresat.

Cea mai modernă metodă de încărcare rapidă este cea după caracteristica IU, la care se menține întîi constant curentul, iar la atingerea tensiunii de încărcare maxime, de 2,4 — 2,5 V/element, se menține aceasta din urmă constantă. Curentul constant se reglează automat după starea de încărcare și rezistența interioară a bateriei, limitarea lui automată împiedicînd supraîncărcarea redresorului. Această metodă prezintă următoarele avantaje:

1. Se reduce substanțial durata de încărcare, deoarece se încarcă nu cu curentul de cinci ore, ci cu curentul nominal al redresorului.

2. Bateriile pot rămîne racordate la redresor și timp de 40 de ore fără supraveghere, deoarece după încărcarea completă curentul se reduce la 5% din valoarea sa nominală.

3. Se pot încărca în același timp mai multe baterii cu stări diferite de încărcare. Curentul de încărcare se împarte astfel pe diferitele baterii încît se încarcă toate la fel.

4. Se evită evaporarea acidului din celule, deoarece tensiunea este limitată la 2,4 V, indiferent de variația curentului sau a frecvenței.

5. Uzura plăcilor de acumulator este redusă.

Din aceste motive, astfel de redresoare se pretează foarte bine la încărcarea bateriilor de vehicule (automobile, autocare, vagoane) fără demontarea lor.

În figura 8 se prezintă schema unui astfel de redresor reglat cu amplificatoare magnetice.

Tensiunea alternativă comunicată prin întreruptorul de protecție a transformatorului principal se redresează pe coloanele principale de Si legate în puncte trifazate. Valoarea tensiunii continue depinde de excitația transductoarelor legate în serie. Tensiunea de ieșire se compară în regulatorul R cu o referință; diferența este comunicată preamplificatorului, care o transmite uneia dintre excitațiile transductorului. La începerea încărcării curentul crește la valoarea sa nominală, la care transformatorul de curent conectat după întreruptorul principal livrează o tensiune suficientă; după redresarea ei în redresorul auxiliar acesta reduce tensiunea în mod corespunzător, astfel încît în această fază curentul rămîne constant. După ce tensiunea atinge 2,4 V/element intervine reglarea constantă a tensiunii. Siguranța fuzibilă a tensiunii protejează coloanele redresoare contra scurtcircuitelor sau legărilor în opoziție ale bateriei.

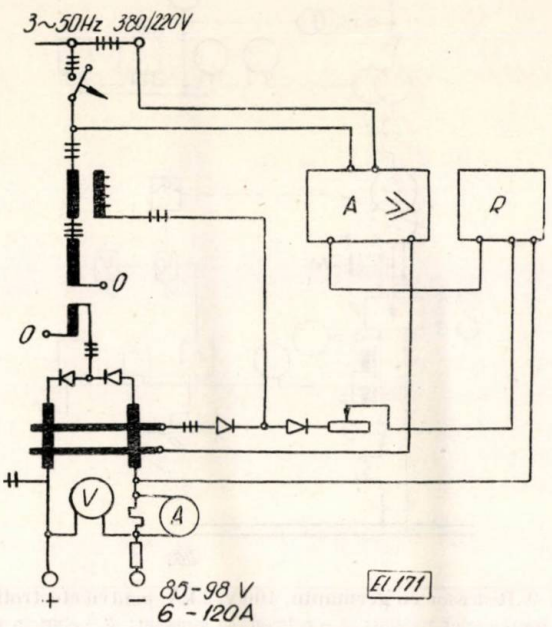


Fig. 8. Redresor reglat cu amplificatoare magnetice.

4.2. **Galvanotehnica.** Băile de galvanizare necesită curenți aproape constanți, de cîțiva kiloamperi, sub tensiuni de ordinul zecilor de volți. Ca sursă s-au utilizat grupuri convertizoare, apoi redresoare cu germaniu. Cel mai potrivit redresor pentru acest domeniu de utilizare este cel cu germaniu, deoarece are o cădere de tensiune directă mică, iar la tensiuni inverse reduse pierderile sînt încă mici. Astfel, randamentul poate atinge 98%. La curenți foarte mari, de peste 5 kA, redresorul cu siliciu devine avantajos, datorită ancombramentului mai mic.

Schemele prevăd în general siguranțe pe grupuri de celule sau pe fiecare celulă, dar în acest caz randamentul scade, din cauza pierderilor în fuzibilele calde.

Redresorul cu seleniu se afirmă la curenți mari. Astfel, pentru o linie de cositorire de tole s-a pus în funcțiune, în anul 1958, o instalație de alimentare cu c.c. de 120 kA, sub tensiunea de 18, respectiv 24 V, compusă din 12 unități redresoare cu seleniu, răcite în ulei.

O instalație automatizată de galvanizări realizată în R.D.G. depune, la curent de 12 kA, o pătură de 35 kg cupru pe o suprafață metalică de 50 000 dm², în 16 ore, ceea ce înseamnă 4 A/dm².

4.3. **Electroliza.** Proces fundamental al industriei chimice, electroliza necesită surse de curenți foarte mari (10—200 kA), cu o plajă redusă, de variația tensiunii [14].

Regimul este în general continuu (24 ore), de aceea redresorul trebuie să prezinte o siguranță foarte mare în funcționare și pierderi foarte mici. Pentru a obține un factor de

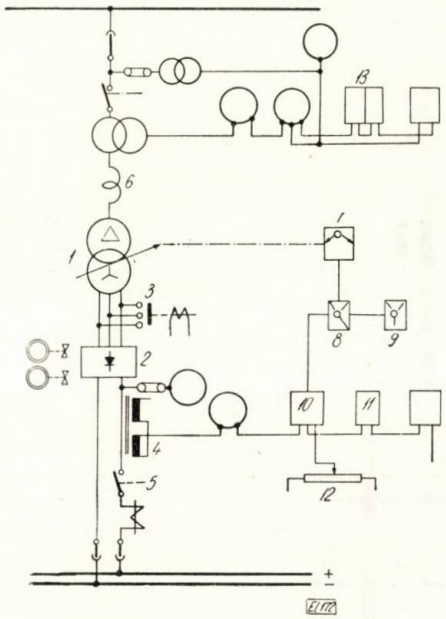


Fig. 9. Redresor cu germaniu, 100 V, 2 kA, pentru electroliză :
1 — transformator reglabil; *2* — redresor cu germaniu; *3* — scurtcircuitor; *4* — reductor de curent; *5* — disjunctor de c.c.; *6* — reactanță; *7* — reglor; *8* — comutator automat manual; *9* — comutator scade crește; *10* — regulator cu impuls; *11* — releu supracurent; *12* — potențiometru de referință; *13* — releu maximal.

putere foarte bun, transformatorul este prevăzut cu prize. La nevoie, între prize tensiunea se reglează cu ajutorul unei bobine saturate. Domeniul nu este potrivit pentru triode, ci numai pentru diode, datorită randamentului mai bun în acest caz. Suprasarcini nu sînt de așteptat.

Cu germaniu s-au montat și funcționează instalații de redresare de 120 kA, la 230 V, și de 140 kA, la 250 V, răcirea fiind cu aer; acest lucru este posibil dacă sarcina pe celulă se alege cu o suficientă rezervă.

Pentru electroliza clorului s-au instalat și funcționează redresoare de 12,5 kA, la 650 V.

În figura 9 se reprezintă schema electrică a unui grup transformator-redresor de 2 kA, 100 V, pentru o electroliză cu celule de germaniu.

Redresorul cu siliciu va prelua singur domeniul curenților măsurați în kA la tensiuni ce întrec 100 V, datorită randamentului său mai bun și tensiunii inverse mai mari. Astfel, instalațiile noi pentru electroliza aluminiului se dotează în ultimul timp tot mai mult cu redresoare cu siliciu. Numărul instalațiilor mari de acest fel în funcțiune întrecînd cifra de 100, se dispune de suficientă experiență în exploatare pentru a se putea prevedea numărul pieselor de rezervă (circa 20% din celule, 50% din siguranțe) și al personalului de supraveghere (un electrician pe schimb pentru întreaga instalație), avînd în vedere că defectele se semnalizează optic și acustic și majoritatea înlocuirilor se pot efectua în cursul funcționării, sarcina trecînd de pe elementele defecte pe cele intacte, dimensionate în acest scop suficient de larg.

Economiile care rezultă din randamentul ridicat și întreținerea mai simplă față de alte tipuri de redresoare contribuie la amortizarea instalațiilor în termene cu mult sub uzura morală.

4.4. **Aplicații în sudura electrică.** Redresorul cu siliciu întrunește în sudura electrică avantajele grupului convertizor și cele ale transformatorului de sudură, fără a prezenta dezavantajele respective, deoarece, fiind robust și static (cu excepția ventilatorului), nu necesită întreținere.

Schema de principiu a unui redresor cu semiconductoare se arată în figura 10. Reglarea curentului de sudură în proporție de 1 : 10 se face cu ajutorul a trei bobine *2*, saturate, în funcție de excitația lor, de c.c. furnizat de un redresor auxiliar *3*, a cărui tensiune se reglează printr-un potențiometru *7*. Redresorul cu siliciu principal și cel auxiliar sînt legate în punte și conectate direct la bornele secundare ale transformatorului *1*.

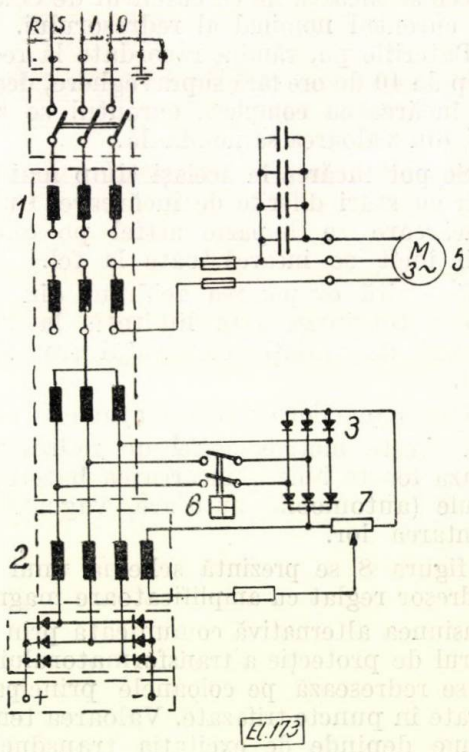


Fig. 10. Schema unui redresor de sudură :
1 — transformator; *2* — bobină de comandă; *3* — redresor auxiliar; *4* — redresor cu siliciu; *5* — motor ventilator; *6* — întreruptor; *7* — rezistență de referință.
Primarul transformatorului este subdivizat și permite, prin schimbarea unor punți la bornele notate libere, racordarea la rețele cu tensiuni de 220, 380 și 500 V.

Redresorul cu siliciu se distinge față de alte redresoare prin sarcină specifică și tensiune inversă mari, cît și printr-un randament foarte bun, de 99,6% pe celulă.

Tabela 3

Comparația unor redresoare de sudură

Semiconductorul	Unitatea de măsură	Cu_2O	Se	Ge	Si
Sarcina specifică de curent	A/cm²	0,04	0,07	40	80
Sarcina specifică de curent, cu ventilație	A/cm²	0,14	0,20	100	200
Tensiunea inversă	V	6	25	110	380
Temperatura maximă	°C	50	85	65	140
Randamentul celulei	—	78	92	98,05	99,6
Spațiul necesar la putere egală	cm³/W	30	15	3	1
Tensiunea de prag	V	0,2	0,6	0,5	0,7

Cu toate că tensiunea inversă a celulei de siliciu nu este exploatată la limită, ea garantează o mare stabilitate față de supratensiuni.

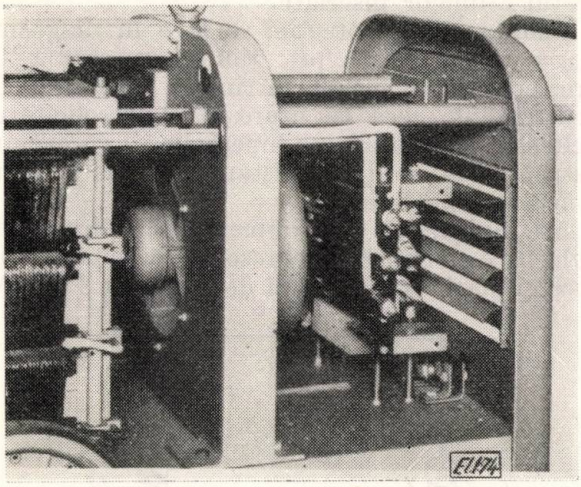


Fig. 11. Redresor de sudură în punte, reglabil, continuu, de 30 A, 220 V — 330 A, 32 V.

Randamentul agregatului de sudură atinge 94% la curent nominal și 91% la 10% sarcină. Bobina și transformatorul se pot alege cu o reactanță mai mică în cazul celulelor cu siliciu.

Spațiul ocupat de agregat este mai redus decît la alte redresoare (fig. 11). Robustețea celulei de siliciu permite o bună adaptare la condițiile grele ale atelierelor de sudură.

5. Tracțiunea electrică

Avantajele noului sistem, de 50 Hz, cu redresor, pentru locomotive, sînt considerabile în raport cu alte sisteme. Fabricarea unor redresoare potrivite a contribuit la răspîndirea acestui sistem.

5.1. **Locomotiva cu redresor** a creat posibilitatea măririi coeficientului de adeziune, îndeplinind următoarele condiții:

— Posibilitatea legării permanente în paralel a motoarelor de tracțiune, ceea ce evită reducerea tensiunii la bornele unui motor înseriat cu altul al cărui ax alunecă.

— Tensiune constantă la borne, independent de curent și de căderea de tensiune în rezistențele legate în serie, care nu există. Tensiunea se reglează prin prizele transformatorului de alimentare, concomitent pentru toate motoarele.

— Scăderea rapidă a cuplului o dată cu mărirea turației, ceea ce oprește alunecarea roților, chiar mai mult decît la motoarele de $16^{2/3}$ Hz.

Soluțiile constructive bine studiate și cristalizate pentru locomotivele de $16^{2/3}$ Hz au fost preluate în construcția locomotivei de 50 Hz, cu redresor. Astfel, aparatul de curent alternativ a fost preluat, cu mici modificări, la disjunctorul monofazat de înaltă tensiune, la dispozitivul de reglaj sub sarcină al tensiunii transformatorului, la aparatajul auxiliar etc.

5.2. **Redresorul cu semiconductoare pentru locomotive** este mai puțin pretențios decît cel cu vapori de mercur. Redresorul cu siliciu este limitat la încălzire, dar nu și la temperaturi joase, ceea ce este important pentru condițiile de exploatare în care temperatura ambiantă și sarcina variază rapid [15].

Puterea deformantă introdusă în rețeaua de alimentare se poate menține în limite accesibile dacă factorul de undă nu se micșorează decît la 20—30%, ceea ce limitează și investițiile în filtre de aplatisare.

De aceea, redresorul se introduce în ritm rapid, pe locomotivele electrice, unde pînă acum cîțiva ani se introduceau pe scară largă redresorul cu mercur cu grilă comandată și mai ales ignitronul. Robustețea față de scuturare și vibrații, randamentul mai ridicat și adaptabilitatea la condițiile de pe locomotivă vor permite însă redresorului cu siliciu să predomine în acest domeniu.

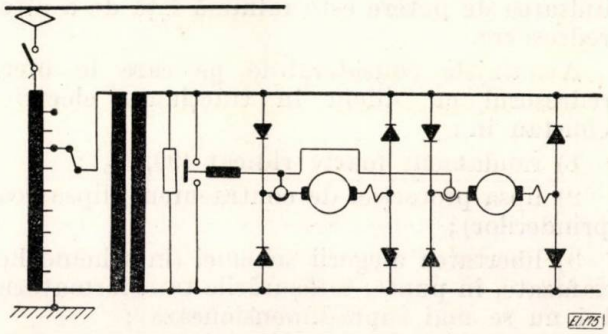


Fig. 12. Schema unui redresor cu siliciu pentru locomotive: *1* — autotransformator; *2* — scurtcircuitor.

O schemă electrică a unui redresor pe locomotivă poate fi urmărită în figura 12. Autotransformatorul *1* poate fi alimentat sau la 25 kV,

50 Hz, sau la 15 kV, $16^{2/3}$ Hz. Coloanele redresoare sînt legate în punte simplă Graetz. Scurtcircuitorul *2* protejează redresorul și instalația în caz de defect în interiorul și exteriorul redresorului. Redresorul se dimensionează în funcție de curentul de pornire a locomotivei și de tensiunea inversă maximă ce poate interveni instantaneu la bornele coloanelor redresoare.

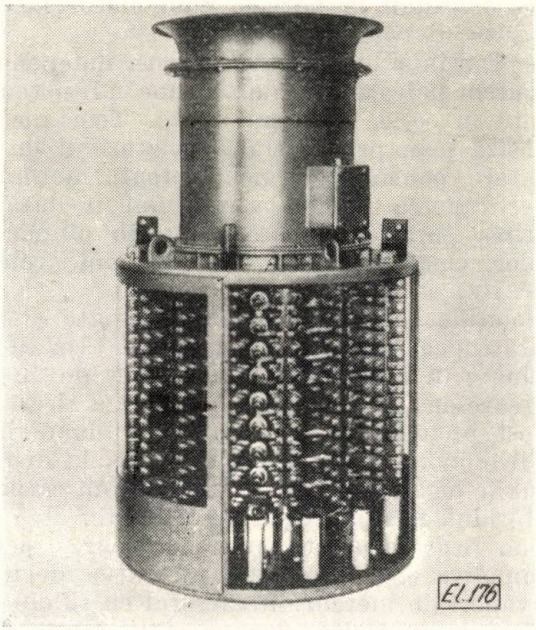


Fig. 13. Bloc redresor cu siliciu (SSW) pentru locomotive electrice în punte monofazată, de 3 800 kW.

Este interesantă dispoziția obișnuită a redresorului pe locomotivă, care se plasează în interiorul conductei de aer de răcire a motoarelor de tracțiune (fig. 13).

O dată cu introducerea redresorului cu siliciu, electrificarea intră într-o nouă fază. O locomotivă de ranjare cu redresoare cu siliciu este în exploatare de cinci ani, fără a se ivi vreun defect. Redresorul livrează 1,2 kA, la 670 V. Greutatea redresorului cu siliciu pe unitatea de putere este minimă față de a altor redresoare.

Avantajele considerabile pe care le oferă redresorul cu siliciu în tracțiunea electrică constau în:

1) randament foarte ridicat (99,6%);

2) lipsa protecției de contracurent (lipsa reaprinderilor);

3) libertatea alegerii schemei (în scheme hexafazate, în punte, înfășurările transformatorului nu se mai supradimensionează);

4) posibilitatea înlocuirii pe loc a celulelor defecte;

5) necesități de spațiu și aer de răcire reduse;

6) stabilitate mare față de influențe externe;

7) întreținere simplă [15].

Adaptarea la condițiile grele impuse de regimul cf se realizează prin supradimensionare, ceea ce asigură stabilitatea necesară față de suprasarcini și scurtcircuite externe, pînă la intervenția protecției selective. Astfel, pentru a satisface condițiile CEI pentru clasa a II-a curentul nominal se reduce cu 25%, iar pentru clasa a VI b cu 62%. În urma acestor reduceri, celulele suportă suprasarcina care apare pînă la intervenția mijlocului de protecție corespunzător. Astfel, un redresor de alimentare a unei substații se protejează cu scurtcircuitor față de scurtcircuite pe barele de curent continuu, deoarece întreruptorul de înaltă tensiune necesită 130–250 ms pentru declanșare, în schimb se supradimensionează astfel încît să suporte curenții de scurtcircuit de linie pînă la declanșarea întreruptorului rapid de secții în 10–50 ms. Protecția față de scurtcircuite interne se realizează prin siguranțe fuzibile speciale, iar față de suprasarcini la clacarea unei celule prin legarea unei celule în plus în serie, astfel ca tensiunea inversă să poată fi ținută de restul celulelor înseriate.

Coordonarea protecției se face în diagrama $I_{scc} = f(t)$ și $I_{scc} = f(d)$, ținîndu-se seamă de creșterea exponențială în timp a curentului de scurtcircuit, ceea ce ușurează suprasolicitarea celulelor, și de scăderea hiperbolică a curentului respectiv cu creșterea distanței d pînă la locul defectului pe linie.

5.3. **Substațiile de alimentare** a firului de cale în c.c. cuprind redresoare cu puteri mijlocii și mari, sub tensiuni de la 500 la 3 000 V.

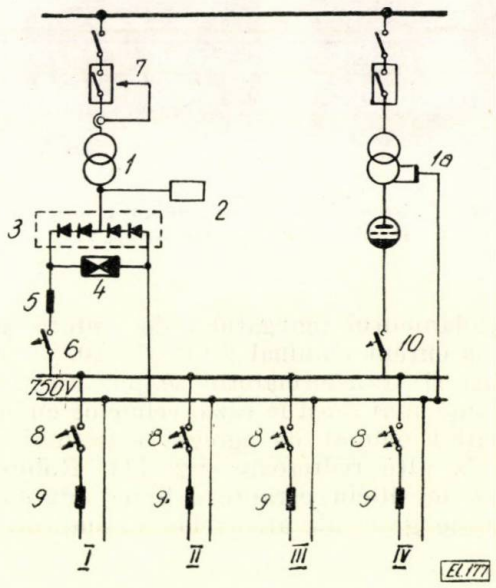


Fig. 14. Schema unui redresor cu siliciu pentru substații de tramvai.

În *substațiile din mine* redresoarele cu mercur au fost înlocuite cu redresoarele cu seleniu, care în viitorul apropiat vor ceda locul celor cu siliciu, mai robuste și mai economice. Gabaritul

redus este în acest caz o calitate importantă, din cauza condițiilor de transport din mine; de asemenea, este importantă insensibilitatea față de conținutul atmosferei ambiante. Suprasarcinile ce pot interveni în exploatare trebuie să fie întîmpinate cu redresoare suficient dimensionate. Acestea se fabrică capsulate în dulapuri din tablă de oțel. Din cauza pericolului de incendiu, ventilația cu aer este preferată răcirii cu ulei.

Substațiile de tramvaie au de obicei surse existente cu care cele noi trebuie să lucreze în paralel. Timpul relativ mare de declanșare a disjunctoarelor de c.c. impune înlocuirea acestora cu altele mai rapide, spre a se realiza economii la dimensionarea coloanelor redresoare.

În schema din figura 14, bobina de inducție *5* limitează curentul de scurtcircuit al redresorului cu siliciu pînă cînd disjunctorul *10* poate să declanșeze, în caz de aprindere inversă în redresorul cu mercur. La defecte ale firului de cale interesează mărimea curentului de scurtcircuit și viteza lui de creștere. De aceea, la protecție se prevede o pornire de supracurent și una dependentă de panta curentului în timp.

6. Aplicații în acționări electrice

Acționările electrice reprezintă domeniul cel mai nou și mai interesant pentru redresoarele cu germaniu și siliciu. Într-adevăr, pînă în prezent redresorul cu mercur comandat prin grilă era singurul care se afirmase în acest domeniu de utilizare. Apariția triodei cu siliciu,

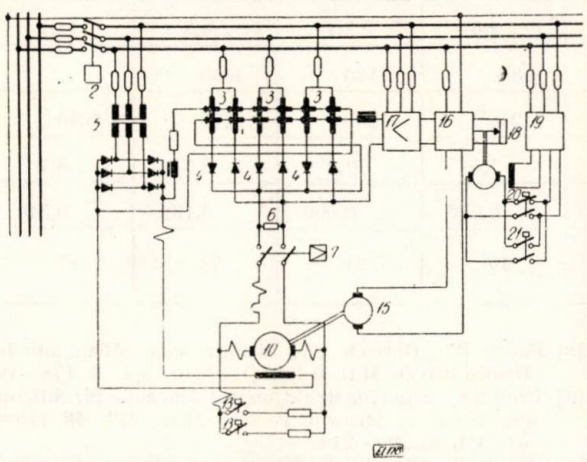


Fig. 15. Schema alimentării unui motor de 40 kW printr-un redresor cu siliciu:

1 — rețea; *2* — disjunctor principal; *3* — amplificator magnetic; *4* — redresor cu șase diode; *5* — preamplificator pentru *3*; *6* — rezistență de sarcină; *7* — contactor motor; *8* — protecție termică; *9* — protecția față de suprasarcină; *10* — motor de c.c., 40 kW; *11* — redresor de excitație; *12* — releu de excitație; *13* — contactor-frînă; *14* — releu-frînă *2*; *15* — tahogenerator; *16* — regulator cu transistoare; *17* — amplificator magnetic intermediar; *18* — potențiometru de referință; *19* — dispozitiv de alimentare *18*; *20* — releu „mai repede"; *21* — releu „mai încet".

care permite o comandă a ventilului, va permite trecerea multor aplicații pe această sursă de c.c., deosebit de avantajoasă.

6.1. Reglarea turației motoarelor de c.c. Pentru o plajă de reglare de 1 : 3 se poate folosi reglarea fără pierderi a turației prin variația excitației principale. Ca sursă de curent este foarte potrivit redresorul cu semiconductoare, datorită dimensiunilor sale reduse, care permit dispunerea lui chiar pe motor.

Schema electrică se caracterizează prin trei coloane de cîte trei celule de germaniu în serie, legate în paralel. Tensiunea inversă este limitată. Căderea de tensiune la sarcina nominală este de numai 2%. Solicitarea maximă a celulelor apare dacă la turația maximă curentul de excitație este mărit brusc, tensiunea putînd să crească cu pînă la 60%. Dacă această tensiune întrece limita admisibilă pentru celulele de germaniu, se iau măsuri de evitare a ei sau de înlocuire a celulelor de germaniu cu celule de siliciu, care, avînd o tensiune inversă mai mare, rezistă la supratensiunile care apar. În viitor, redresorul cu siliciu va avea un rol foarte important în schemele de comandă și reglare a motoarelor de c.c.

7. Sursă de c.c. de tensiune constantă reglabilă

Un autotransformator trifazat reglabil care alimentează un redresor în punte reprezintă o sursă de tensiune constantă reglabilă. Căderea de tensiune în sarcină scade pe măsură ce priza se apropie de borna alimentată. Randamentul de 97% — atins ușor chiar la unități de putere mică — scade puțin la sarcini spațiale, pe cînd la grupul Ward-Leonard el nu întrece cu mult 70%. Factorul de putere este de asemenea mai bun, mai ales la sarcini parțiale.

Pentru motoare, se poate alege tensiunea cea mai favorabilă și orice curent; de aceea, redresorul, motorul și secția secundarului transformatorului se unesc într-un bloc protejat, răcit și conectat separat, cu avantajul că ieșirea din funcțiune a unui bloc motor nu afectează continuitatea în funcționare a celorlalte blocuri. Răcirea cu aer comună a redresorului și motorului permite realizarea unei scheme fără punere la pămînt în circuitul motorului, a cărui punere la masă nu înseamnă încă scoaterea din funcțiune. Ventilatorul este cel al motorului; aerul intră într-un tub, în care se montează redresorul, și trece apoi în motor. Frînarea electromotoarelor la viteze mari se poate face electric, prin branșarea lor pe rezistențe și excitarea separată dintr-un redresor special.

8. Evaluarea necesităților

După cifrele de control stabilite în directivele Congresului al III-lea al P.M.R., producția de energie în anul 1965 va fi de 18,5 miliarde kWh, ceea ce înseamnă o creștere de 11,5 miliarde în șase ani, dat fiind că producția în 1960 a fost de aproximativ 7 miliarde kWh. Din sondaje statistice făcute în alte țări industriale rezultă că *în medie* 20% *din energia distribuită se transformă*

în curent continuu. Avînd în vedere dezvoltarea — prevăzută în directivele Congresului — a industriei chimice — un mare consumator de curent continuu —, electrificarea căilor ferate cu sistemul de 25 kW și 50 Hz în firul de cale și cu redresoare pe locomotive, introducerea și aplicarea largă a automatizării, răspîndirea troleibuzelor etc., este de așteptat ca în țara noastră să se atingă în anul 1965 această cotă de energie consumată în curent continuu.

Presupunînd că în 1960 cota a fost de 15% și că ea va crește anual pentru a atinge în 1965 cota de 23%, se pot evalua cantitățile de energie consumată în curent continuu în anii 1960—1965. Așa cum se arată în tabela 4, primul rînd conține energiile ce se vor produce anual, după o progresie geometrică, al doilea rînd — cota de energie în curent continuu, în procente, iar al treilea — energia în curent continuu, în GWh, care crește de la 1 miliard kWh în 1960 la 4,3 miliarde kWh în 1965, însumînd în șase ani aproape 15 miliarde kWh.

S-a calculat media ponderată a diferenței de randament dintre redresorul cu siliciu și redresorul cu mercur, respectiv seleniu, rezultînd la întreaga energie redresată un cîștig mediu de 4, respectiv 8%. Cum pentru anumite utilizări redresoarele cu mercur nu sînt potrivite, este de așteptat ca, datorită aplicării redresorului cu siliciu la 60% din energie să se realizeze 2% cîștig de randament, iar la 40% din energie 5,5% cîștig. Introducerea redresoarelor cu siliciu va însemna deci un cîștig mediu de 4% randament.

Cunoașterea îmbunătățirii randamentului mediu global și a energiei consumate în curent continuu dă posibilitatea să se evalueze economia care rezultă din introducerea redresoarelor cu semiconductoare.

Din calculele făcute în tabela 4 rezultă că, din energia totală de 8,7 GWh ce se va consuma în redresoare noi instalate pînă în anul 1965, 4% — adică 0,34 GWh — se pot economisi prin introducerea redresoarelor cu siliciu și germaniu, care au un randament de 95%.

Această economie justifică, ea singură, cu prisosință, introducerea noilor redresoare cu siliciu și germaniu. Economiile vor fi de fapt și mai mari, din cauză că o serie de instalații de redresoare, ajunse la limita de utilizare, vor fi înlocuite cu instalații moderne, cîștigîndu-se și pentru acestea, în medie, circa 4% din energia consumată.

Tabela 4

Puterea instalată în redresoare și economiile ce vor rezulta în anii 1961—1965

Parametri	Unit.	Anii						Total
		1960	1961	1962	1963	1964	1965	
W	GWh	7,0	8,5	10,4	12,6	15,4	18,5	66,1
$\frac{W_{=}}{W}$	%	15	17	19	21	22	23	—
$W_{=}$	GWh	1,0	1,4	2,0	2,6	3,4	4,3	14,7
$P_{=}$	MW	330	460	660	870	1130	1350	
$\Delta P_{=}$	MW	—	130	200	210	250	220	1010
$\Delta W_{=}$	GWh	—	0,4	1,0	1,6	2,4	3,3	8,7
$\Delta W_{=}$ 0,04	GWh	—	0,016	0,040	0,056	0,096	0,132	0,340
$\frac{\Delta W_{=}}{4 \cdot 4}$	10^6 lei	—	4	10	16	24	33	87

Bibliografie

[1] *Sominskii, M. S.*: Poluprovodniki i ih primenenie v tehnike Lenizdat-Moscova, 1958.

[2] *Joffe, A. F.*: Semiconductori în fizica modernă (trad. l. rusă), Ed. Acad. R.P.R., București, 1955.

[3] *Jackson S. P.*: Selection and application of metalic rectifiers Mc Graw Hill, New-York, London, 1957.

[4] *Gutzwiller F. W.*: The silicon controlled semiconductor power switch with microsecond response. Electr. Manuf. **62** (1959), 62—65.

[5] *Spenke, E.*: Leistungsgleichrichter auf Halbleiterbasis Electrotechn. Z. (ETZ-A) **79** (1958) 22, 867—875.

[6] *Alper, S.*: Ventile de putere cu germaniu și siliciu Electrotehnica **10** (1962), 2, 60—72.

[7] *Roman, P., Rittenberg, V., Didiv, B., Bălănel, E.*: Obținerea monocristalelor de siliciu de mare puritate. Electrotehnica **10** (1962), 2. 41—52.

[8] *Faust W.*: Betrieb und Schutz von Siliziumdioden. Brown Boveri Mitt. Bd. **48** (1961) nr. 3/4, S. 178—192.

[9] *Beau Gh.*: Die Konstruktion der Schränke für Siliziumgleichrichter. Browm Boveri Mitt. Bd. **48** (1961), nr. 3/4, 8, 209—214.

[10] CKD Praha NP: Siliziumgleichrichter Prospect P 903-60, 1960.

[11] *Kasselring. F.*: The development and operational-trial of electromagnetically controlled rectifiers, Direct Curr. **3** (1957), 88—97.

[12] *Keller, E.*: Kurzschliesser zum Schutz von Silizium-Gleichrichteranlagen. BBC-Mitt. **48** (1961), 3/4, 228—231.

[13] *Avramescu A.*: Clasificarea redresorilor după debit. Electricitatea **2** (1948), 2, 67—76; 3, 135—142.

[14] *Abdulaev, G. B.*: Redresoare cu semiconductori, Ed. Academiei R.S.S. Azerbaidjene, Baku, 1958.

[15] *Hartmann, L.*: Der Silizium — Gleichrichter in der Bahuversorgung in VDE Buchreshe, Bd. 6. Gleichstrombahnen und Gleichstromfahrzenge VDE-Verl. Berlin, 1960, 151—166.

CRONICĂ

Consfătuirea „Semiconductoarele și aplicațiile lor"

În zilele de 11—14 decembrie 1961 s-au desfășurat lucrările celei de-a II-a consfătuiri „Semiconductoarele și aplicațiile lor", organizată de Comisia de coordonare a cercetărilor în domeniul semiconductoarelor de pe lîngă Academia R.P.R., cu o largă participare de oameni de știință, cercetători și ingineri specialiști.

În cuvîntul său de deschidere, acad. prof. *Ilie Murgulescu*, ministrul Învățămîntului și Culturii, a subliniat importanța semiconductoarelor în lumina sarcinilor trasate de către Congresul al III-lea al P.M.R., menționînd cercetările și realizările din cadrul institutelor Academiei R.P.R. și ale departamentelor.

Acad. prof. *Eugen Bădărău* a prezentat un referat concretizînd cercetările în domeniul semiconductoarelor efectuate la Institutul de fizică — București (IFB), dintre care amintim elaborarea de termistoare, de generatoare Hall, de fotorezistențe și de dispozitive cu astfel de semiconductoare. S-au studiat efectele de suprafață, efectul tunel, semiconductoarele amorfe și cele feromagnetice. Ajutorul dat de știința sovietică a fost substanțial și efectiv în toate domeniile cercetate.

Prof. *E. F. Gross*, membru corespondent al Academiei de Științe a U.R.S.S., a adus consfătuirii salutul oamenilor de știință sovietici și al Institutului fizico-tehnic din Leningrad.

Consfătuirea s-a mai bucurat de prezența prof. *V. S. Vavilov* de la Institutul de fizică al Academiei de Științe a U.R.S.S.

În continuare, ing. *F. D. Lăzăroiu*, directorul uzinelor „Electronica", a expus referatul „Fabricarea și utilizarea dispozitivelor cu semiconductoare", în care a arătat progresele realizate în construcția diferitelor dispozitive cu semiconductoare și aportul cercetărilor efectuate în institutele Academiei R.P.R. și ale departamentelor la construirea de dispozitive moderne, de înaltă calitate.

Au urmat ședințe pe secții, în care s-au prezentat următoarele referate și comunicări, pe teme de electricitate sau electrotehnică.

I. Secția **„Fizica semiconductoarelor"**

1. *R. Grigorovici* (Institutul de fizică-București): Joncțiuni eterogene la semiconductoare.

2. *V. Rittenberg, B. Didiv* și *P. Roman* (ICET): Defecte în monocristalele de siliciu obținute prin metoda topirii zonale.

3. *N. Petrescu, N. Protopopescu, M. Someșan* și *A. Moroianu* (CCM): Cercetări asupra structurii compusului semiconductor In-Sb.

4. *C. Gheorghiță* (Institutul politehnic-București): Influența vaporilor de iod asupra conductibilității electrice și fotoconductibilității păturilor subțiri de antracen.

5. *E. Lăbușcă, M. Andreescu* și *I. Teodorescu* (IFA): Studiul structurii feritelor de mare permeabilitate la microscopul electronic și studiul variației anumitor proprietăți specifice.

II. Secția **„Materiale semiconductoare"**

1. *P. Roman* și *F. Nicolau* (ICET): Obținerea barelor de siliciu de mare puritate prin reducerea triclorsilanului cu hidrogen.

2. *B. Didiv, V. Rittenberg, P. Roman* și *I. Schiteanu* (ICET): Două note tehnice asupra topirii zonare în vid a siliciului.

3. *I. Niederkorn* și *A. Wohl* (ICECHIM): Unele aspecte fizico-chimice ale obținerii siliciului pentru semiconductoare.

4. *Gerda Comșa* (ICET): Depunerea de straturi groase de aluminiu pe siliciu prin evaporare în vid.

5. *L. Cîrlan, A. Fridman, B. David* și *V. Tanach* (ICET): Ferite de nichel și nichel-zinc cu adaos de cobalt cu proprietăți perminvar.

6. *M. Protopopescu* și *N. Petrescu* (CCM): Aliaje semiconductoare pe bază de telur pentru frigidere termoelectrice.

7. *M. Protopopescu, N. Petrescu, M. Petrescu* și *D. Drimer* (CCM): Compusul intermetalic semiconductor In-Sb pentru traductoare Hall, pe bază de materii prime din R.P.R.

8. *N. Petrescu* și *V. Triță* (CCM): Obținerea indiului de înaltă puritate din materii prime indigene.

III. Secția **„Dispozitive semiconductoare"**

1. *I. Frim, P. Iordache, R. Stere* și *C. Tănăsescu* (uzinele „Electronica"): Răspîndirea parametrilor transistoarelor funcție de procesul tehnologic și efectele îmbătrînirii.

2. *A. Mircea* și *M. Stoenescu* (ICET): Transistoare cu siliciu cu joncțiuni aliate.

3. *I. Schiteanu, V. Tucsek* și *V. Botvinik* (ICET): Diode cu siliciu cu joncțiuni aliate.

4. *S. Alper* și *A. Mircea* (ICET): Studiul variației duratei de viață în funcție de nivelul de injecție la redresoare de putere cu siliciu.

5. *C. Zaharia* și *E. Lapedatu* (ICET): Unele probleme ale joncțiunii redresoare la celulele de seleniu.

6. *M. Rozenberg, P. Nicolau, I. Nicolae* și *C. Tănăsoiu* (Inst. de fizică — București): Termistoare pe bază de oxizi de Cu, Co și Mn.

7. *C. Constantinescu, L. Nicolaide* și *E. Bălan* (Institutul de fizică — București): Fotodiode din Ge.

8. *R. Grigorovici, N. Croitoru* și *A. Deveni* (Institutul de fizică — București): Fotorezistențe pentru infraroșu din PbS.

IV. Secția **„Aplicațiile semiconductoarelor"**

1. *C. Soltuz* (uzinele „Electronica"): Asupra unor probleme tehnologice în construcția transistoarelor cu derivă.

2. *N. Niculescu* (Institutul de fizică — București): Termometru cu termistoare.

3. *N. Niculescu* (Institutul de fizică — București): Termoregulator cu fotodiode.

4. *O. Nistor* (Institutul de fizică — București): Dispozitiv pentru comandă automată a vanelor electromagnetice.

5. *P. Petrescu, R. Popescu* și *E. Rodeanu* (Institutul de fizică — București): Dispozitiv de automatizare cu fotodiode.

6. *E. Rodeanu* (Institutul de fizică — București): O nouă metodă de măsurare a efectului Hall.

7. *I. Alexiu, C. Bălănescu, M. Căluneanu* și *N. Daniliuc* (uzinele „Grigore Preoteasa"): Circuite de comutație cu miezuri magnetice.

8. *C. Bălănescu, M. Căluneanu* și *N. Rusu* (uzinele „Grigore Preoteasa"): Instalații pentru sortat miezuri de ferită în condiții de funcționare și pentru încercat celule de comutație magnetică.

9. *V. Ivașcu* și *O. Lupaș* (ICET): Studiul sistemului Fe_2O_3—NiO—ZnO în plaja permeabilităților magnetice ridicate.

10. *Pl. Andronescu* (Institutul politehnic — Timișoara): Determinarea unei grosimi de cîțiva microni cu ajutorul generatorului Hall.

11. *C. Sora* și *A. Heller* (Institutul politehnic — Timișoara): Wattmetru Hall pentru puteri mici, folosind placă semiconductoare din In-Sb de proveniență indigenă.

Lucrările consfătuirii au fost urmărite cu viu interes de un auditoriu numeros, care a luat parte la discuții. Se prevede apariția lucrărilor prezentate într-un volum.

A.A.

REFERATE

CZ 621.3.028.32 : 537.311.33

Stabilizare prin rezistenţe cu siliciu. Electron. engng., oct. 1960, pag. 624—629.

În cazul semnalelor mici, punctul de funcţionare al tranzistoarelor poate fi stabilizat prin introducerea în circuitul emiterului a unei rezistenţe cu siliciu. La creşterea temperaturii se micşorează tensiunea bază-emiter. Valoarea rezistenţei cu siliciu creşte şi prin aceasta şi potenţialul emiterului. Cu asemenea stabilizare, curentul de colector se menţine constant în domeniul $-50°C \ldots +100°C$.

Prin dimensionare potrivită se poate obţine şi o supracompensare. O îmbunătăţire a stabilizării este posibilă dacă se conectează, în paralel cu rezistenţa cu siliciu, o rezistenţă obişnuită cu carbon. Rezistenţa cu siliciu are un coeficient de temperatură pozitiv de aproximativ 0,7 %/°C.

Coeficientul de temperatură pozitiv ia naştere datorită unei dotări puternice a siliciului utilizat, astfel încît în domeniul de temperatură care interesează, $-50°C \ldots +100°C$, temperatura este suficient de ridicată pentru ca probabilitatea de ionizare a tuturor atomilor de impuritate să fie foarte mare. În acelaşi timp, probabilitatea trecerii electronilor din banda de valenţă în banda de conducţie este mică. Prin aceasta, efectul dorit nu este perturbat de conducţia intrinsecă. Aceasta înseamnă că, totuşi, numărul purtătorilor de sarcină în domeniul corespunzător de temperatură este constant şi rezistenţa depinde de ciocnirile electronilor de atomii reţelei. Prin aceasta ia naştere un coeficient de temperatură pozitiv, aşa cum este cunoscut la conductoarele metalice.

La etaje unde este necesară o compensare de temperatură şi unde, pentru a avea zgomot mic, se lucrează cu curenţi mici, trebuie să se asigure un curent suplimentar. Acesta poate fi obţinut de la sursa de alimentare a colectorului cu o rezistenţă auxiliară pusă între sursă şi emiter. În principiu, cu rezistenţe de siliciu corespunzătoare se poate realiza o stabilizare simplă pentru tranzistoare funcţionînd atît în clasa A, cît şi în clasa B.

S. B.

CZ 621.387.015.51

Conductibilitatea şi străpungerea electrică în gaze rare, sub presiune (0,25 — 300 mm). FORMAN R. (Electrical conduction and breakdown in high-pressure (0,25 — 300 mm) Rare Gases). J. appl. phys., **32**, 1961, nr. 9, pag. 1651—1658, 10 fig., 2 tab., 20 ref.

Se studiază caracteristicile curent-tensiune ale diodelor cu gaze rare sub presiune (0.25—300 mm). S-au indicat date ale diodelor conţinînd Xe, Ar şi He şi cu catode din W, Ta, Re, wolfram toriat şi oxidat. S-au observat cîteva fenomene neaşteptate şi cîteva rezultate generale care pot fi rezumate astfel: 1) caracteristicile curent-tensiune ale diodelor umpute cu argon şi xenon la presiuni peste 1 mm nu respectă nici o lege a sarcinii spaţiale, dacă temperatura catodei este peste 2 400°K; 2) cînd catoda de tungsten toriat sau de oxid, care funcţionează sub 2 400°K, este utilizată ca filament, caracteristicile curent-tensiune ale diodelor urmează o relaţie a sarcinii spaţiale (caracteristicile curent-tensiune independente de temperatură); 3) caracteristicile curent-tensiune ale diodelor umplute cu He nu respectă legea sarcinii spaţiale la nici o temperatură a filamentului şi se pot realiza, cu actualele materiale, pentru catode; 4) în unele dintre aceste diode cu gaze rare sub presiune cu catodă caldă au fost observate fenomene de străpungere iniţiale (străpungere la potenţiale sub potenţialul de ionizare).

Aceste date pot fi explicate calitativ, presupunînd existenţa ionilor gazoşi de He sau Ar produşi termic la temperaturi de ordinul a 2 400°K. Se încearcă explicarea acestei ipoteze printr-un raţionament teoretic semicantitativ bazat mai curînd pe teoria ionizării termice a lui Saba decît pe teoria ionizării superficiale a lui Langmuir şi Kingdon.

A.S.

CZ 537.322

Generare termionică a electricităţii (Thermionic generation of electricity). CAYLESS, M. A. Brit. J. appl. phys. **12**, 1961, nr. 9, pag. 433—442, 10 fig., 90 ref.

Un generator termionic este în esenţă o diodă în care electronii emişi de o catodă caldă se deplasează spre o anodă mai rece, producînd un curent electric. Articolul trece în revistă în special procesele fizice legate de aceste aparate. Generatoarele termionice, care au intrat în uz curent începînd de prin anul 1958, s-au dovedit a fi aparate practice pentru producerea electricităţii direct din căldură. Densităţi mari de putere, rapoarte mari putere/greutate şi temperaturi mari de lucru, dînd un randament Carnot mare, sînt principalele lor calităţi. În stadiul actual de dezvoltare acestea sînt avantaje nete, în unele aplicaţii, faţă de concurenţa lor cea mai apropiată, generatoarele termoelectrice, deşi îmbunătăţiri viitoare ale materialelor termoelectrice ar putea să aducă superioritatea acestora. S-au construit aparate producînd cîţiva W/cm^2 la randamente de 2—10 %, iar în experienţele de laborator s-au obţinut 10—20 W/cm^2 la randamente de 10—20 %. Consideraţiile teoretice arată că s-ar putea obţine peste 20 W/cm^2 la un randament de 20—30 %. Cercetările continu în vederea ameliorărilor şi perfecţionărilor.

A.S.

CZ 621.317.7 : 537.311.53

Aparate indicatoare tranzistorizate. Mesures, Controle industriel, **26**, 1961, nr. 292, pag. 1087—1093.

Noile aparate indicatoare descrise în documentaţie sînt echipate integral cu circuite cu semiconductoare (tranzistoare şi diode) şi pot funcţiona în cele mai bune condiţii în gama de temperaturi -10 pînă la $+80°C$. Dintre acestea, mai importante sînt: frecvenţmetru-cronometru-periodmetru şi voltmetru-ampermetru-potenţiometru.

Primul aparat permite măsurarea directă a frecvenţelor pînă la 12,5 MHz şi măsurarea intervalelor de timp în unităţi de 0,1 μs. Aparatul urmează a fi adaptat şi pentru frecvenţe mai mari de 12,5 MHz. Un echipament autonom permite înregistrarea numerică automată a rezultatelor de măsură. Aparatul are un consum mic (30 W) şi poate fi alimentat de la baterie, datorită unui redresor semiconductor. Cîteva caracteristici mai importante:

— în funcţionare ca frecvenţmetru: baza de timp $0{,}1 \div 1 \div 10$ s, afişarea automată a virgulelor şi a unităţii, sensibilitatea directă fără amplificator 500 mV_{ef};

— în funcţionare ca cronometru: de la 0,1 μs la 1 s;

— în funcţionare ca periodmetru: durate de la 1 la 10 perioade.

În privinţa voltampermetrului există trei variante constructive: voltmetru numeric pentru curent continuu, voltampermetru-ohmmetru cu selecţie automată pentru curent continuu şi curent alternativ şi un model în întregime automat. Gamele de măsură sînt: ca voltmetru-ampermetru-ohmmetru: 200 mV, 2 V, 200 V, 2 000 V; ca ampermetru: 2μA, 20 μA, 200 μA, 20 mA. Impedanţele de intrare ale voltmetrului sînt mai mari de 1,5 MΩ în curent continuu şi mai mari de 600 kΩ în curent alternativ, iar ale ampermetrului mai mici de 5Ω pentru toate gamele.

Fl.T.

CZ 621.382.3.06.001.24

Calculul rapid al circuitelor cu tranzistoare cu ajutorul parametrilor *h*. J. ENGDAHL, Bull. ASE, **52**, 1961, nr. 11, pag. 412—419.

Se expune o metodă care permite calculul rapid al celei mai mari părţi a circuitelor cu transistoare, fără a face să intervină în calcule transformări dificile ale parametrilor,

utilizînd doar cîteva tabele uşor de manipulat. După ce se stabilesc ecuaţiile caracteristice ale cuadripolului se analizează transistorul care în anumite situaţii poate fi considerat ca un cuadripol activ ai cărui parametri determinaţi sînt variabili doar pentru un anumit punct de lucru, întrucît în ansamblul lor caracteristicile transistorului nu sînt liniare. Caracteristicile transistorului de joasă frecvenţă fiind cel mai adesea date cu ajutorul parametrilor h, tot calculul se bazează pe folosirea acestora. Schema de calcul se descompune mai întîi în cuadripoli simpli (transistoare, transformatoare etc.), apoi prin asocieri simple şi succesive se ajunge la un circuit a cărui matrice finală se poate stabili şi apoi rezolva. Autorul prezintă sub formă de tabele elementele de calcul care trebuie folosite, şi anume transformarea parametrilor transistoarelor, transformarea determinanţilor şi relaţiile dintre parametrii transistorului funcţie de posibilitatea de montare a bazei emiterului şi colectorului la masă. Sînt rezolvate două exemple, din care reiese concluzia că circuite oricît de complexe pot fi rezolvate prin această metodă; se recomandă însă o reprezentare corectă a schemei studiate cu ajutorul asocierii cuadripolilor.

Fl.T.

CZ 621.317.351.012

Adaptor de osciloscop pentru studierea caracteristicilor tensiune-curent ale diodelor semiconductoare şi ale tranzistoarelor. V. SORAGO şi I. V. VIZIR, Vestnik sviazi, **21**, 1961, nr. 8, pag. 10—12.

Folosirea din ce în ce mai frecventă a elementelor semiconductoare impune crearea unui aparataj de măsură simplu, cu ajutorul căruia să se poată determina caracteristicile, să se verifice calitatea pieselor încercate şi să se sorteze exemplarele identice. Transistorul poate fi caracterizat dacă se ridică curbele $U_c = f(i_e)$ şi $U_e = f(i_e)$ la $i_e = \text{ct}$ şi $U_c = f(i_c)$ şi $U_e = f(i_e)$ la $i_c = \text{ct}$; în ipoteza în care se cunoaşte o pereche oarecare din familiile de caracteristici enumerate, se pot determina parametrii fundamentali ai transistorului folosind metode grafo-analitice. Metodele folosite, ca şi schemele corespunzătoare, sînt prezentate pentru determinarea admitanţei de ieşire, de reacţie, de transfer, a amplificării de curent etc. Construcţia realizată, adaptor + osciloscop, permite vizualizarea simultană pe ecran a patru caracteristici. Tehnologia încercării este descrisă pe larg, indicîndu-se ordinea prealabilă a unor etalonări. Adaptorul pentru osciloscop are o putere de circa 2 W, iar eroarea aparatului nu depăşeşte 10%.

Fl.T.

CZ 621.317.7 : 537.311.33

Aparat cu semiconductoare pentru măsurarea automată de la distanţă şi reglarea temperaturii. S. V. ANDREEV, B. K. MARTENS şi A. N. TRUŞINSKI, Izmeritelnaia tehnika, nr. 11, 1961, pag. 23—29.

Se prezintă un aparat echipat cu transistoare şi diode capabil să regleze temperatura cu o înaltă precizie, de 0,2—0,3°C. De asemenea, ca rezultat al studiilor efectuate, unele rezistenţe au fost înlocuite cu termorezistenţe semiconductoare; pentru această situaţie se dau principiile de calcul al schemelor cu termorezistenţe şi se descrie construcţia unui termoregulator echipat cu semiconductoare. Schema principială a termoregulatorului constă din următoarele părţi principale: circuitul de alimentare cu transformatorul de coborîre, schema de măsură în punte şi schema de amplificare, compusă din două triode semiconductoare pentru amplificarea semnalelor necesare acţionării releelor de comandă la reglarea temperaturii. Înfăşurările secundare ale transformatorului alimentează schema în punte (diode DGT-27 care alimentează cele două triode şi transistorul π-3A). Cîteva tipuri de asemenea aparate au şi fost construite, ele lucrînd cu erori mai mici de 0,3°C, într-o gamă mare de temperaturi, de la —10 la 60°C.

Termoregulatorul descris mai foloseşte, în afară de termorezistenţe semiconductoare, triode şi diode semiconductoare, ceea ce permite înlocuirea lămpilor electronice din schemă, realizînd o tot atît de bună siguranţă în funcţionare, dar la gabarite mai mici. Comanda termoregulatorului cu semnale slabe dă posibilitatea folosirii în schemă nu numai a termorezistenţelor descrise, ci şi a altor tipuri indicate în articol.

Fl.T.

CZ 621.316.722.1 : 537.311.33

Stabilizatoare cu transistoare pentru alimentarea instalaţiilor de verificare. DODIK S. D. şi LEVIN N. M. Izmeritelnaia tehnika, nr. 3, 1961, pag. 28—30.

La verificarea aparatelor electrice de măsură, ca ampermetre, wattmetre, voltmetre, a căror clasă de precizie este 0,2—0,5, se cer surse de alimentare precise a căror variaţie de tensiune să nu depăşească sutimea de procent, iar tensiunea de alimentare să nu aibă componentă alternativă. Realizarea unor stabilizatoare echipate cu semiconductoare rezolvă complet această problemă; în plus, pot fi calculate pentru tensiuni de 7—10 V şi curenţi de la mA la sute de A. Schema de principiu este dată o dată cu explicaţia funcţionării ei. Stabilizatorul poate funcţiona la 220 V şi 50 Hz. La variaţii cu 10% ale tensiunii de alimentare, variaţia tensiunii de ieşire nu depăşeşte 0,005%, iar la variaţia curentului de sarcină între 0 şi 5 A tensiunea de ieşire variază cu mai puţin de 0,025%. În ceea ce priveşte amplitudinea componentei alternative, aceasta nu depăşeşte 0,5 mV, adică mai puţin de 0,01%. Pentru curenţi mai mari, pînă la 50 A, se modifică numărul transistoarelor de putere conectate în paralel şi redresorul. Fabricarea în serie a unor stabilizatoare de putere mare, echipate cu transistoare, oferă avantaje economice, prin înlocuirea bateriilor de acumulatoare, şi tehnice, prin precizia de măsură pe care o oferă.

Fl.T.

CZ 621.316.722.1 : 537.311.33

Alimentarea stabilizată 10 A, 0—100 V sau 0—200 V. Rev. Gen. Electronique, nr. 179, 1961, pag. 40—42.

Schema utilizează ca elemente regulatoare două transistoare de putere de 15 A şi doi tiratroni cu siliciu de 10 A şi 200 sau 400 V tensiune inversă, după tensiunea maximă dorită la ieşire. Contrar alimentărilor clasice, unde elementul regulator serie funcţionează în caracteristicile sale liniare, cele două transistoare utilizate aici funcţionează alternativ, în „tot sau nimic", la 1 000 Hz. Acest principiu permite controlul unor curenţi importanţi cu un număr redus de transistoare, pentru că acestea nu au decît puţine pierderi de disipat (pierderile prin rezistenţa de saturare şi pierderile de comutaţie). Un alt avantaj constă în aceea că filtrarea curentului la ieşire se face mai uşor, iar timpul de răspuns al regulatorului la variaţii bruşte ale reţelei este bun.

O altă rezolvare interesantă este aceea de a folosi o punte de redresare cu tiratroni, a cărei tensiune de ieşire variabilă este controlată de un regulator care menţine tensiunea emiter-colector a transistoarelor la o valoare mică, constantă în funcţie de toate variabilele (reţea şi sarcină). În acest fel, transistoarele sînt protejate contra supratensiunilor, iar pierderile în comutaţie se micşorează. Schema descrisă este însoţită de o tabelă cuprinzînd valorile elementelor care intră în componenţa ei.

Fl.T.

CZ 621.3.028.3 : 537.312.6

Variaţia curentului şi tensiunii termistoarelor (Strom-Spannungsverhalten von Thermistoren). FRANCHE, H. Radio und Fernsehen, **10**, 1961, nr. 20, pag. 639—641, 7 fig.

Constanta de disipaţie în domeniul de temperatură între 20—50°C este foarte importantă pentru utilizarea termistoarelor ca rezistenţe la amorsare sau de reglaj. Pînă acum determinarea acestei constante se făcea din caracteristica $P-T$, care în general se obţine din caracteristicile $R-T$ şi $U-I$. Panta acestei caracteristici este dată în intervalul

de temperatură considerat de relaţia $\operatorname{tg} \varphi = \Delta P / \Delta T = C$. Calculînd această constantă prin relaţia:

$$C = \frac{U_m^2 - \exp\left[-b\left(\frac{1}{T_{E2}} - \frac{1}{T_0}\right)\right]}{(T_{E2} - 293\, R_{T0})},$$

în care:

U_m este tensiunea maximă a termistorului, V;
T_{E2} — temperatura termistorului pentru maximul de tensiune, °K;
R_{T0} — rezistenţa termistorului la 293°K, Ω sau kΩ;
b — constanta de energie, °K,

se economiseşte munca de desenare, ceea ce pentru măsurătorile de control reprezintă o însemnare importantă.

A.S.

CZ 621.314.63

Curenţi provocaţi de către un scurtcircuit franc de partea continuă a unui redresor cu semiconductoare în punte Graetz. R. MASCARIN, Bull. Soc. Franç. Electr., **8**, (II),1961, nr. 14, pag. 97 — 105, 7 fig.

Diodele semiconductoare, aşa cum sînt cele de germaniu sau siliciu, neadmiţînd suprasarcini mari decît pentru durate foarte scurte, de ordinul milisecundelor, necesită o examinare a fenomenelor care se petrec cînd se produce un scurtcircuit franc pe partea de curent continuu a unei punţi trifazate. Curenţii maximi care se dezvoltă în caz de scurtcircuit pe partea de curent continuu în circuitele unui redresor cu diode semiconductoare legate în punte trifazată (punte Graetz) se pot determina cu ajutorul formulelor stabilite pe baza ipotezelor generale enunţate la începutul lucrării. Metoda de calcul dată porneşte de la examinarea tuturor fenomenelor care se produc de la începutul scurtcircuitului, rezultatele fiind valabile pentru toate tipurile de redresoare folosite în punte Graetz. În lucrare s-au considerat cazurile:

— scurtcircuite care durează un număr întreg de perioade;
— scurtcircuite care durează un număr întreg de perioade şi o fracţiune;
— scurtcircuite care durează o fracţiune dintr-o perioadă.

Rezultatele stabilite permit să se determine valorile de vîrf, medii şi eficace ale tensiunii, cînd una dintre ele este aleasă ca bază, şi, în consecinţă, momentul scurtcircuitului este cel care conduce la valoarea sa maximă.

După un exemplu practic, s-a propus să se ţină seamă pe cît posibil de fiecare dintre aceste mărimi, deşi maximele corespund unor condiţii diferite în momentul scurtcircuitului.

Curbele care s-au stabilit pentru a determina curenţii care trec prin dioda cea mai încărcată permit citirea simplă a rezultatelor, care ar necesita calcule destul de complicate.

Se admite că circuitele electrice nu conţin decît reactanţe pure, ceea ce oferă o aproximaţie admisă în cea mai mare parte a cazurilor. Pentru o apreciere a acestor aproximaţii s-a determinat influenţa asupra valorii de vîrf a amortizării datorită rezistenţei, luîndu-se ca parametru unghiul de defazare dintre curentul şi tensiunea pe fază din circuitul de alimentare a punţii redresoare.

Lucrarea contribuie la aprecierea supracurenţilor admisibili la redresoarele cu semiconductoare.

B.I.N.

CZ 621.315

Grafitul — semiconductor puţin cunoscut. Aplicarea sa la prepararea metalelor pure şi semiconductoare. J. MILLET, Bull. Soc. Franç. Electr., **8**, II, 1961, nr. 13, pag. 39—46, 10 fig.

Carbonul, care se prezintă în stare naturală sau artificială sub două forme cristaline — diamant şi grafit —, a ocupat în ultimul timp un loc însemnat în atenţia specialiştilor. În articol, după o privire de ansamblu asupra preparării industriale a grafitului artificial policristalin, se trec în revistă cele mai recente cunoştinţe asupra structurii grafitului şi asupra diferitelor aspecte ale proprietăţilor sale semiconductoare.

Pornindu-se de la anizotropia structurii grafitului, se explică proprietăţile cu totul diferite în cele două direcţii perpendiculare (una paralelă cu planul 001, iar alta perpendiculară pe el). Astfel se explică diferenţa, pentru cele două direcţii, între conductibilitatea electrică, conductibilitatea termică şi rezistenţa de rupere. Rezistenţele în cele două direcţii diferă foarte mult la grafiturile policristaline, care au o orientare privilegiată a cristalelor lor elementare. Sînt date rezultate referitoare la variaţia rezistivităţii în funcţie de temperatură, avînd drept parametru temperaturile de tratament termic.

Este tratată, de asemenea, problema modificării proprietăţilor semiconductoare ale grafitului cînd i se introduc impurităţi, în special de bor.

Tot un aspect al proprietăţilor semiconductoare este şi efectul termoelectric, care la grafit se manifestă foarte contradictoriu şi depinde în cea mai mare parte de originea grafitului, după cum reiese din studiile efectuate. Sînt date valori şi curbe ale puterii termoelectrice, în funcţie de temperatura de tratament termic, determinate în diferite laboratoare.

Se arată şi se demonstrează că grafitul este un bun conductor termic, avînd şi o bună rezistenţă mecanică la temperaturi înalte.

În continuare se dau aplicaţiile grafitului la prepararea metalelor pure şi semiconductoare. Folosirea grafitului pur în aceste operaţii rezultă din calităţile sale de conductor electric şi din faptul că nu este atacat şi foarte puţin înmuiat la temperaturi ridicate. În prezent, aproape toate operaţiile care se succed în fabricarea transistoarelor necesită prezenţa grafitului. Larga lui aplicare este în deplină concordanţă cu preţul de cost scăzut şi buna prelucrare, formînd în momentul de faţă obiectul a numeroase cercetări.

B.I.N

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ŞT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia şi Administraţia: Bucureşti, str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 14.15.95—14.06.24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Preţul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor ASIT, precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de viramant: Publicaţiile Tehnice ASIT — 070124 B.R.P.R. Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 107.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

SOMMAIRE

CD 537.311.33 : 546.315.28 : 621.315.59.

Roman P., Rittenberg V., Didiv B., Bălănel E. : **L'obtention des monocristaux de silicium à grande pureté.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 41—52

On présente les résultats obtenus dans le laboratoire de semiconducteurs de l'ICET dans le domaine de l'élaboration des monocristaux de silicium à grande pureté, à partir du silicium métalurgique.

On décrit les instalations utilisées pour obtenir les barres de silicium par la réduction du trichlorsilane avec de l'hydrogène, en vue de la purification zonale et de la croissance des monocristaux.

CD 621.315.9 : 546.28 : 621.396.611.21.

Mircea A., Stoenescu M. : **Transistors à silicium alliés**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 52—59

On expose les résultats obtenus par les travaux de recherche qui ont mené à la réalisation d'un transistor à silicium allié. En partant du circuit électrique équivalent du transistor, on fait voir l'influence des paramètres géométriques et physiques sur les caractéristiques électriques, et l'on discute les possibilités de projection d'un transistor.

CD 537.311.33 : 546.28 : 621.314.63.

Alper S. : **Valves de puissance a germanium et silicium.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 60—72

Après avoir exposé les principes physiques des fonctions *PN* et *PNS*, l'auteur décrit le mode de réalisation des structures de redressement, discute leurs caractéristiques et analyse la construction des cellules de redressement. Pour finir, l'auteur discute les perspectives d'avenir des redresseurs à germanium et à silicium.

CD 621.315.59 : 546.23 : 621.314.63.

Mozes G., Lapedatu E., Zaharia C., Friedmann A., Arabian L. Radu O., Bartoș V., Dedulescu I. : **Nouveaux types de cellules de redressement à élénium.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 72—86

On montre les avantages des redresseurs à sélénium dans certains domaines de tension et de courant. On discute sommairement les possibilités d'amélioration des performances et les voies suivies pour réaliser les nouveaux types de cellules.

On présente les performances de trois types de cellules réalisées à ICET (Institut de recherches électrotechniques), dont un vient d'être introduit dans la fabrication et pour un autre type on effectue les travaux préliminaires au lancement dans la production.

CD 621.315.59 : 621.316.72.078.

Damsker D. : **Le semiconducteur à quatre couches et son utilisation à la commutation des courants forts.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 87—94

On donne les caractéristiques typiques de ce genre de semiconducteurs, les principes constructifs et le mode de fonctionnement. On présente des schémas principaux d'utilisation des diodes à semiconducteurs sur les circuits de commutation pour les courants forts. Dans le cas de la triode on montre aussi les schémas de commande à élément d'exécution sur les circuits de réglage.

CD. 621.314.73 : 621.33/39

Avramescu S : **Les performances et les applications industrielles des redresseurs de puissance à semiconducteurs.**

Electrotehnica 10 (1962) 2-3, 95—108

Après un bref coup d'oeil sur l'importance croissante du courant continu, on traite des pertes et du rendement des redresseurs à semiconducteurs et on fait une comparaison avec d'autres espèces de redresseurs. Plus loin on donne les schémas et les données caractéristiques des redresseurs à semiconducteurs employés au chargement des batteries d'accumulateurs, à la soudure électrique, dans les installations d'électrolyse et de galvano-technique, dans la traction électrique et dans divers autres emplois.

CHRONIQUE
DOCUMENTATION

CONTENTS

D.C. 537.311.33 : 546.28 : 621.315.59.

Roman P., Rîtzenberg V., Didiv B., Bălănel E. : **Obtaining the high purity silicium monocrystals.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 41 – 52

This paper presents the results obtained within the framework of the laboratory for semi-conductor materials belonging to the Electrotechnical Research Institute in elaborating the high purity silicium monocrystals starting from the metallurgical silicium.

A description is given of the equipment used for obtaining the silicium bars by reducing the trichlorosilane with hydrogen to achieve the zone purification and enlargement of monocrystals.

D.C. 621.315.9 : 546.28 : 621.396.611.21.

Mircea A., Stoenescu M. : **Connected silicium transistors.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 52 – 59

The results obtained from research works which led to the realization of a connected silicium transistor are shown.

Starting from the equivalent electric circuit of the transistor, the author shows the influence of the geometrical and physical parameters on the electrical features and discusses the design possibilities in the field of transistors.

D.C. 537.311.33 : 546.28 : 621.314.63.

Alper S. : **Germanium and silicium rectifiers.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 60 – 72

After exposing the physical principles of the *PN* and *PNS* functions the author describes the way of performing the rectifying structures, discusses their characteristics and analyses the construction of the rectifying cells. A brief description is given of the controlled silicium rectifier and the prospects of germanium und silicium rectifiers.

D.C. 621.315.59 : 546.23 : 621.314.63.

Mozeș G., Lepedatu E., Zaharia C., Friedmann A, Arabian L. Radu O., Bartoș V., Dedulescu L. : **New types of seleniun rectifying cells.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 72 – 86

The advantages of the seleniun rectifiers in certain tension and current fields are pointed out.

Some possibilities of improving the performances and the ways followed to achieve the new cell types are being discussed.

The performances are shown of three types of cells achieved at the Electrotechnical Research Institute the first of which being presently manufactured and the second in process of assimilation.

D.C. 621.315.59 : 621.316.72.078.

Damsker D. : **The four-layer semi-conductor and its use in switching the strong currents.**

Electrotehnica **10** (1962) 2-3, 87 – 94

The typical characteristics of this kind of semi-conductor as well as the constructive principles and operation method are pointed out.

The main utilization schemes of the semi-conductor diodes in strong current switching circuits are being presented. In the case of the triode the description includes the control schemes as an execution element in regulating circuits.

DC. 621.314.63 : 621.33739

Avramescu A. : **The performances and indusrial applications of the power rectifiers with semi-conductors.**

Electrotechnica 10 (1962) 2-3, 95 – 108

After briefly considering the growing importance of the continuous current, the author discusses the efficiency of the rectifiers with semi-conductors and the losses involved as compared to other kinds of rectifiers.

A presentation is then made of the characteristic schemes and data relating to the rectifiers with semi-conductors used to charge the accumulator batteries as well as in the field of electric welding, electrolysis and galvano-technical installations, electric traction and different kinds of drives.

CHRONICLE
DOCUMENTATION

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.314.6 REDRESOARE

CZ 621.314.62 : 621.382.3
TENZERNE, Tş. a.
Redresor cu transistoare. Avtomatika i telemehanika i sveaz, 3 (1960), 11, 42, 1 fig.

CZ 621.314.63 : 621.315.592
HAENISCH R.
Redresarea curentului alternativ de reţea cu ajutorul redresoarelor uscate. Electronique (1960) 164—165 (iulie-august) 7—12, 7 fig, 2 tabele

CZ 621.314.63 : 669.782
LAPIÉRE, E.
Redresoarele de putere cu siliciu. Electricien, **73** (1960) 20007 (noiembrie), 219—223, 9 figuri, 3 referate

CZ 621.314.63.012
KRAMAR, J.
Caracteristicile şi suprasarcina admisibilă a redresoarelor cu germaniu pentru curenţi tari. Elektrotechn. Obzor (R.S.C.) **48** (1960) 9, 449—454

CZ 621.314.63.015.3
KLIER, I.
Procese tranzitorii la conectarea dispozitivului de scurteircuitare rapidă a redresoarelor cu semiconductori. Elektrotechn. Obz (R.S.C) **49** (1960), 11, 605—608, 1 fig., 4 ref.

CZ 621.314.632
FRIDMAN, P. A.
Redresoarele de forţă din germaniu şi siliciu. Elektrosviazi **11** (1961), 64—72

CZ 621.314.65
CIJENKO, I.N.
Agregat nou de redresoare cu vapori de mercur, cu dispozitiv de compensare şi exploatarea lui. Promîşlennosti energhetika **8** (1960), 8, 20—27, 3 fig. 2 ref.

CZ 621.314.65.07 : 621.314.7
TVERDIN, L. M. şi KURZANOV, I. M.
Folosirea transistoarelor pentru comanda redresoarelor cu vapori de mercur. Electricestvo **81** (1961), 11, 82—84, 6 fig.

621.315.2 CABLURI

CZ 621.315.2.017.143
HEINEMANN, H. J.
Influenţa tensiunii şi temperaturii asupra factorului de pierderi dielectrice în cabluri. Elektrotehn. Z. (ETZ.A) **82** (1961), 23, 742—747, 12 fig. 2 tabl.

CZ 621.315.6 MATERIALE IZOLANTE

BLODGETT, W. E.
Porţelanuri cu o rezistenţă mecanică ridicată bogate în alumină. Amer. Ceram. Soc. Bull, (S.U.A.) **40** (1961), 2, 74—77, 3 fig., 4 tabl. 10 ref.

CZ 621.315.612 : 666.593
BUDNIKOV, P. P. şi KANTOR, I. M.
Măsurarea durităţii produselor ceramice folosite în electrotehnică şi radiotehnică. Steklo i keramika, (U.R.S.S.) **XVIII** (1961), 5, 18—23, 4 fig, 5 tab. 3 ref.

CZ 621.315.612 : 666.593.016.5
MANVELEAN, M. G. s. a.
Glazură opacă pentru materiale electroizolante. Steklo i keramika (U.R.S.S.) **XVIII** (1961), 5, 24—25, 2 ref.

CZ 621.315.613.1
SOKOLOV, A. V.
Materiale înlocuitoare ale micii naturale în plăci în industria electrotehnică. Vestm. elektropromsti **32** (1961), 4, 17—20, 1 tabl.

CZ 621.316 DISTRIBUȚIE, REGLAJ, ÎNTRERUPTOARE DISPOZITIVE DE PROTECȚIE

CZ 621.316.5 : 621.382.3

*** : **Întreruptor de putere fără contacte.** Elektronik, **1** (1961), 3, 84, 1 fig.

CZ 621.316.53 : 621.318.3.025 : 531.781

FRIEDRICH, U.

Măsurarea eforturilor de tracțiune asupra electrozilor d curent alternativ pentru contactorii în aer. Elektrotehn. (ETZ—A) 82 (1962), 11, 343—347, 12 fig., 3 bibl.

CZ 621.316.54.024

PFLAUM, E. și SLAMECKA, E.

Montaj nou de încercare sintetică pentru disjunctorii de puter de înaltă tensiune. Elektrotechn. Z (ETZ—A) 82 (1961) 1 ianuarie, 33—38, 13 fig.

CZ 621.316.57

MAUSEAN, J.

Disjunctoare diferențiale. Moniteur Prof. Electr. **16** (1961) 158 (mai), 45—46, 10 fig, 2 tabl. 3 ref. bibl.

CZ 621.316.57.027.8

PANEK, J. și NOVOTNY, V.

Proces de conectare și metode de încercare la disjunctoarele de foarte înaltă tensiune care deconectează linii lungi de transport în gol. Acto Technica (R.S.C.) **6** (1961), 2 124—161, 28 fig., 22 ref. bibl.

CZ 621.316.719

KUNITKI, M. P.

Frînarea unui motor electric prin mărirea simultană a fluxului la motor și micșorarea tensiunii generatorului. Elektricestvo (1961), 3, 57—63, 8 fig., 1 tabl, 4 ref bibl.

CZ 621.316.91 : 621.316.573

AMON, CO și HAVRAN, L.

Disjunctoare de protecție de mare sensibilitate în practică. E. u M, **78** (1961), 1 mai, 316—321, 7 fig., 3 tabl.

CZ 621.316.91.061, 1/2

FEHLING, H. și KÜSTER, O.

Instalațiile de joasă frecvență. Elektrotechn. Z (ETZ—B) **13** (1961) 20, 541—547, 15 fig., 9 bibl.

CZ 621.316.923.1 : 621.314.632 : 669.782

HORST, H. A. ș. a.

Protecția redresoarelor de siliciu pe instalațiile de electrolize. Elektrotechn. Z (ETZ—B) **13** (1961), 12, 334—338, 10 fig., 1 tabl., 10 ref. bibl.

CZ 621.316.99

BERGER, K.

Considerații fundamentale cu privire la revizia prescripțiilor relative la punerea la pămînt a instalațiilor de înaltă tensiune. Bull. ASE **52** (1961), 9, 6 mai, 337—354, 14 fig.

CZ 621.9 APLICAȚII MECANICE

CZ 621.915-526-621.316.78

MOTOOKA, T. și YAMAGUCHI, K.

Un sistem de control numeric pentru mașinile-unelte. J. Inst. electr. Engr. Japan, **80** (1960) mai, 628—635, 19 fig.

CZ 621.9-44 : 621 — 317.752.521

COURTIN, W.

Sistem electromecanic de reglaj pentru copiere cu palpator de contact. AEG. Mitt. **51** (1961) ian-febr. 7—16, 17 fig.

CZ 621.9-523

MYNALL, J.

Bazele sistemului A.E.I. pentru comanda numerică continuă a mașinilor-unelte. Elektrotechn. Z (ETZ—A) **82** (1961), 22, mai, 347—351, 6 fig.

CZ 621.9-523

MYNALL, D. J.

Bazele sistemului A.E.I. pentru comanda numerică în clasificarea mașinilor-unelte. Electrotehn. Z (ETZ—A) **82** (1961), 11, 347—351, 6 fig.

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultate obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările materiale vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, anul, numărul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

In scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumare pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei revistei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori, cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimente politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articolele tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu sublinierea importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri la articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura regăsirea unui articol într-o colecţie de numire, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba română şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

In acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşoare a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de orginalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv şi care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Norme şi standarde constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificaţie zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

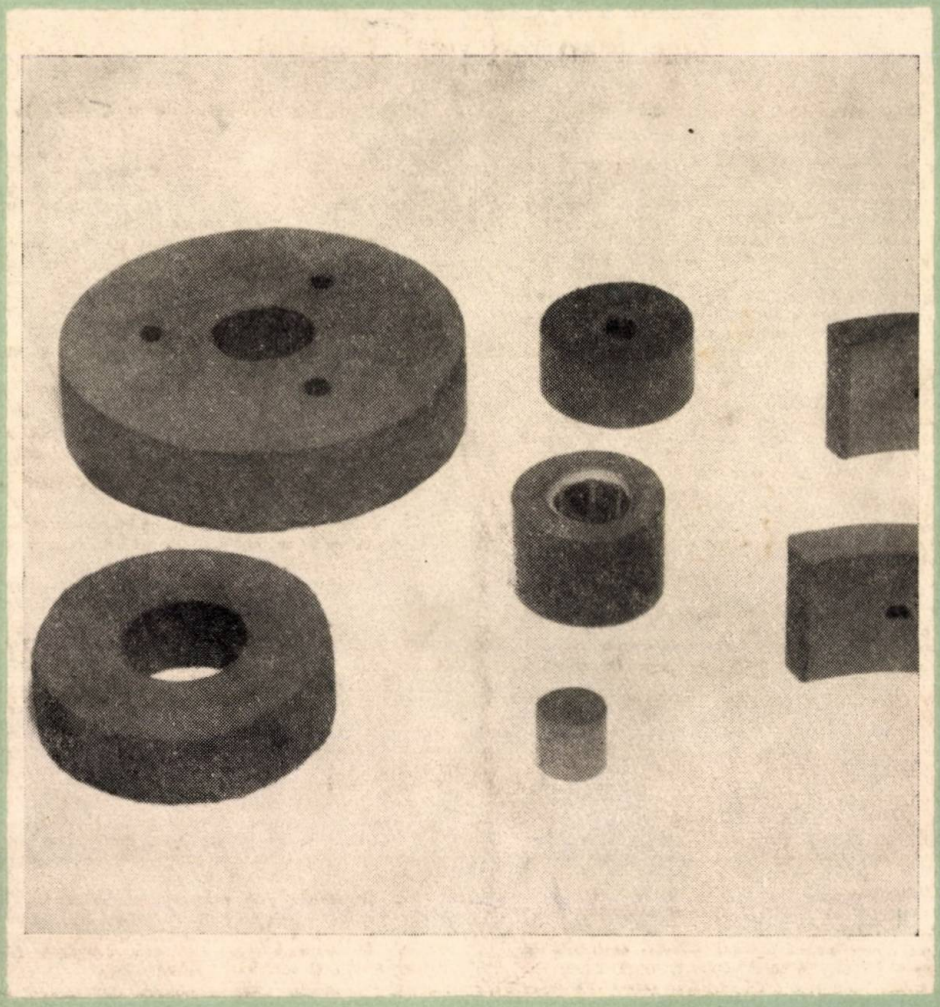
3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

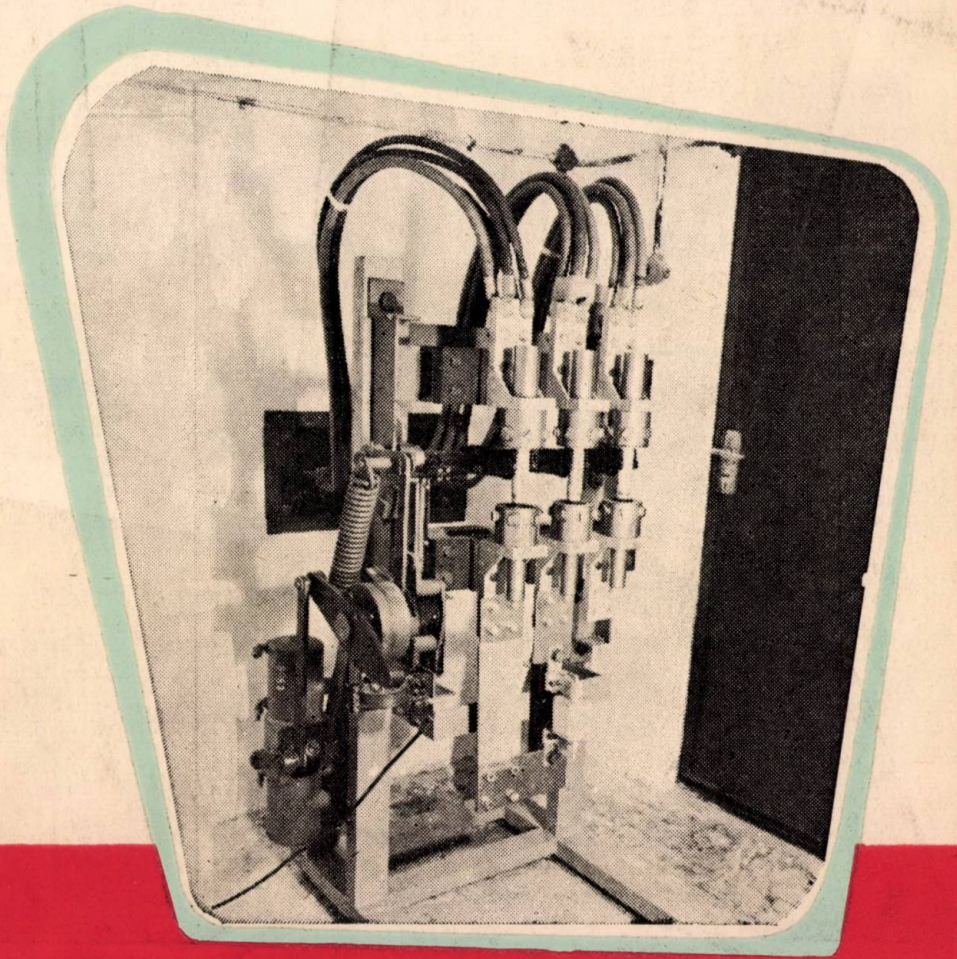
Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.



E 20HO

R

ELECTROTEHNICA



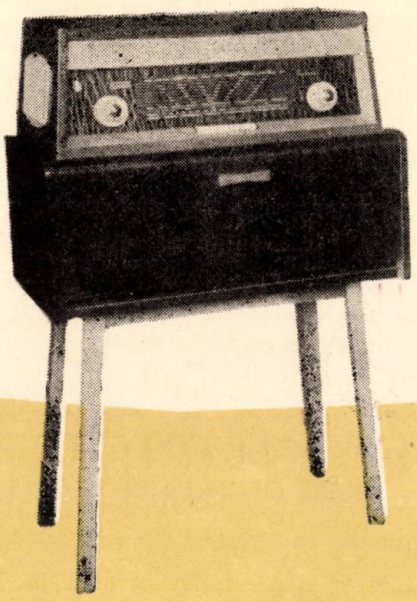
4

Electrotehnica — București ★ Anul 10 ★ nr. 4 ★ p. 113 — 152 ★ aprilie — 1962

Radioreceptorul

Fantezia

cu picup



- picup GE-56 cu 3 viteze și oprire automată
- 3 + 2 tuburi electronice
- indicator optic de acord
- 2 difuzoare de 2,5 VA
- 3 game de unde
- reglaj de ton

PREZENTAT ÎNTR-O CASETĂ ARMONIOS ÎMBINATĂ ȘI CU LINII MODERNE, CREEAZĂ O AMBIANȚĂ PLĂCUTĂ ORICĂRUI INTERIOR.

Electronica

Întreprindere industrială de stat pentru piese și aparate de radio, televizoare și electronică industrială

BUCUREȘTI, STR. BAICULUI Nr. 82, RAIONUL „1 MAI" ● TELEFOANE: 12.19.40; 12.19.46 – 12.19.48

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

ELECTROTEHNICA

Anul 10 nr. 4 aprilie 1962

CUPRINS

CZ 621.385.83.013.001.2

Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I. : **Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R. Determinarea distribuției radiale a indicelui de cîmp în planul median**

Electrotehnica, 10 1962, nr. 4 p. 113–119

Distribuția radială a indicelui de cîmp în planul median al întrefierului betatronului I.F.A. a fost măsurată folosind două bobine de probă și o schemă în puncte. Au fost analizate în detaliu erorile de metodă și de determinare. Rezultatele obținute concordă cu determinările preliminare efectuate pe modele. Schema de măsurare a fost adoptată și pentru măsurarea variației în timp a indicelui de cîmp.

CZ 621.316.53.001.6

Predoiu A. : **Aspecte ale evoluției constructive a contactoarelor de joasă tensiune în aer. Tendințe și contribuții noi**

Electrotehnica, 10 1962, nr. 4, p. 119–135

După indicarea multiplelor domenii de utilizare a contactoarelor, în lucrare se prezintă : a) clasificarea și caracterizarea tipurilor constructive cunoscute în tehnica mondială ; b) cele mai noi aspecte constructive în domeniul contactelor, căilor de curent, camerelor de stingere și electromagneților de acționare, împreună cu o serie de probleme neîntîlnite încă în literatura de specialitate ; c) o analiză a unor serii de contactoare fabricate în străinătate, din punctul de vedere al suprafeței de montaj ; d) prezentarea seriei unitare de contactoare realizată în țara noastră, la întreprinderea „Electroaparataj".

CZ 621.317.382 : 538.632

Fränkel D., I. de Sabata : **Măsurarea puterii aparente în sisteme mono- și trifazate cu generator Hall**

Electrotehnica, 10, 1962, nr. 4, p. 135–139

Se propune măsurarea puterii aparente în regim sinusoidal monofazat și în regim trifazat, cu trei conductoare și tensiuni de linie simetrice, prin intermediul componentei alternative a tensiunilor unor generatoare Hall. Se indică scheme de conexiuni și se dau rezultate experimentale care confirmă posibilitățile de aplicare practică.

Pentru tînărul inginer

CZ 621.311.163 : 621.316.577.067.5

Banu Gh : **Un dispozitiv de anclanșare automată a sursei electrice de rezervă (AAR)**

Electrotehnica, 10 1962, nr. 4, p. 140–142

În articol se descrie o schemă originală de trecere automată a unui sistem de iluminat electric de pe o sursă de lucru pe alta de rezervă, în cazul cînd prima se defectează. Schema este completată și cu o realizare constructivă efectuată cu aparatură romînească.

Din activitatea CEI 143–144

Cronică 144–148

Referate 149–150

Recenzii 150

Scurte știri din străinătate 151–152

Fotografia de pe coperta I reprezintă: contactor scurtcircuitor 35kA al stației de încercare la putere de rupere 550 V, 37,5 kA în laboratorul de joasă tensiune al ICET, iar de pe coperta IV-a: montaj pentru ridicarea caracteristicilor de topire a siguranțelor de rupere în laboratoarele de joasă tensiune ale ICET.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК **621.385.83.013.001.2**

Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I.: **Измерение магнитных параметров бетатрона Института атомной физики Академии РНР. Распределение показателя поля.**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 113—119

Радиальное распределение показателя поля в медианной плоскости воздушного зазора бетатрона ИАФ было измерено, используя две пробные катушки и схему с мостиком. Детально были анализированы погрешности метода и определений. Полученные результаты согласуются с предварительными определениями, проделанными на моделях. Схема замера была использована и для измеренения показателя поля во времени.

ДК **621.316.53.001.6**

Predoiu A.: **О конструктивной эволюции замыкателей низкого напряжения в воздухе, новые направления и достижения.**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 119—135

После перечисления многочисленных областей применения замыкателей, в работе представлены:

а) классификация и охарактеризование известных в мировой технике конструктивных типов;

б) новейшие конструктивные типы в области замыкателей, токопроводов, гасительных камер и приводных электромагнитов вместе с рядом еще неосвещенных в специальной литературе вопросов;

в) анализ ряда заграничных контакторов с точки зрения монтажной площади;

г) описание единой серии замыкателей, изготовленных в Румынии на предприятии „Электроаппаратаж".

ДК **621.317.382 : 538.632**

Fränkel D., I. de Sabata: **Измерение кажущейся мощности вмоно — и трифазных системах с генератором Галла.**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 135—139

Предлагается измерить видимую мощность в монофазном и трифазном синусоидальном режиме с тремя проводниками и симметричным линейным напряжением путем переменной составляющей напряжений генераторов Галла. Даются схемы подключений и опытные результаты, которые подтверждают возможности практического применения.

ДК **621.311.163 : 621.316.577.067.5**

Для молодого инженера

Banu Gh: **Приспособление автоматического подключения запасного электрического источника (А.П.З.).**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 140—142

В статье описана оригинальная схема автоматического перехода электрической осветительной системы с рабочего источника на запасной в случае повреждения первого источника. Схема описана полностью с конструктивным выполнением с отечественным оборудованием.

Хроника
Документация
Рецензии
За рубежом

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.385.83.013.001.2

Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I : **Das Messen der magnetischen Parameter des Betatrons des Instituts für Atomphysik der Akademie der RVR. Der radiale Verlauf des Feldexponenten**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 113–119

Der radiale Verlauf des Feldexponenten in der Mittelebene der Luftspalt des Betatrons des Instituts für Atomphysik wurde mit zwei Probespulen und einer Brückenschaltung gemessen. Es wird eingehend der methodische Messfehler des Verfahrens und der Bestimmungsfehler analysiert. Die erzielten Ergebnisse stimmen mit den vorangegangenen Modellbestimmungen überein. Die Messschaltung wurde auch für das Messen der zeitlichen Schwankung des Feldexponenten angepasst.

DK 621.316.53.001.6

Predoiu A : **Aspekte der konstruktiven Entwicklung der Niedersannungsschaltern in der Luft, neue Tendenzen und Beiträge.**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 119–135

Nach einer Anführung der vielseitigen Anwendungsgebieten der Schalter enthält der Aufsatz eine Darlegung der : a) Einstufung und Kennzeichnung der in der Welttechnik bekannten konstruktiven Typen ; b) die neuesten konstruktiven Aspekte auf dem Gebiet der Schalter, der Stromwege, der Löschkammern und der Einschaltmagneten begleitet von einer Anzahl in der Fachliteratur noch nicht erwähnten Fragen ; c) die Analyse einer Anzahl von ausländischen Schaltern vom Standpunkt der Montagefläche ; d) die Darlegung der einheitlicher Serie von Schaltern, die in unserem Land im Betrieb „Electroaparataj" gebaut wurden.

DK 621.317.382 : 538.632

Fränkel D., I. de Sabata : **Das Messen des Leistungsfaktors in Mono-und Drehstrom-Systemen mit dem Hall-Generator.**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 135–139

Die Verfasser unterbreiten den Vorschlag eines Leistungsfaktors in monophasischer sinusoidaler Arbeitsfunktion und Drehstrom mit drei Leitern und symetrischer Leitungsspannung durch Wechselspannungen einiger Hall-Generatoren. Der Aufsatz enthält die Verbindungsschaltung und die Ergebnisse einiger Versuche, die die praktische Anwendungsmöglichkeit bestätigen.

DK 621.311.163 : 621.316.577.067.5.

Für den Jungingenieur

Banu Gh : **Eine Vorrichtung zum automatischen Einschalten der Reserve-Stromquelle.**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 140–142

Im Aufsatz wird eine interessante Schaltung für die automatische Umschaltung eines öffentlichen Beleuchtungssystems von einer Arbeitsquelle auf eine Reservequelle beschrieben für den Fall dass die erstere beschädigt wird. Die Schaltung wird durch die konstruktive Darstellung mit Hilfe rumänischer Apparatur vervollständigt.

Chronik
Dokumentation
Buchbesprechungen
Nachrichten aus dem Ausland

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R. ȘI AL MINISTERULUI METALURGIEI ȘI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

Anul 10 nr. 4 București, aprilie 1962

Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R.

Determinarea distribuției radiale a indicelui de cîmp în planul median

Constantin Iliescu, Ștefan Haltrich, Iulian Leibovici* — București

Într-un articol precedent [1] au fost descrise metodele de măsurare a poziției orbitei de echilibru la betatronul IFA. În cele ce urmează se descrie metoda de măsurare a unui alt parametru principal al cîmpului magnetic — indicele de cîmp. Rezultatele obținute confirmă justețea calculelor și valabilitatea încercărilor preliminare pe modele, întreprinse în perioada de proiectare a acceleratorului, precum și exactitatea realizării tehnologice a profilului piesei polare.

CZ 621.385.83.013.001.2

1. Indicele de cîmp

În timpul procesului de accelerare care are loc în betatron (un ciclu durează 5 ms), electronii porniți din injector parcurg o traiectorie a cărei lungime desfășurată este de aproximativ 1 500 km, după care lovesc o țintă (anticatodă) a cărei suprafață nu depășește 5 mm². Această performanță este posibilă datorită proprietăților focalizante ale cîmpului magnetic director. Distribuția spațială a cîmpului magnetic director este astfel aleasă încît dă naștere unor forțe de focalizare care grupează electronii injectați pe orbita de echilibru și readuc la aceasta orice electron care, din diverse cauze (ciocniri cu molecule de gaze etc.) a deviat. Revenirea se face printr-un proces oscilant (*oscilații betatronice*).

Se știe [2] că distribuția de cîmp necesară pentru a avea forțe de focalizare atît în direcție axială cît și în direcție radială este:

$$B_z = (B_z)_0 \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-n}, \qquad (1)$$

în care $(B_z)_0$ este componenta axială a inducției magnetice la raza r_0.

Din relația (1) se deduce:

$$n = -\frac{r}{B_z}\frac{\mathrm{d}B_z}{\mathrm{d}r}. \qquad (2)$$

Indicele de cîmp n intervine în ecuațiile care descriu mișcarea electronilor [3], atît în direcție axială — care este de forma:

$$\ddot{z} + \Omega^2 nz = 0 \qquad (3)$$

— cît și în direcție radială — care este de forma:

$$\ddot{x} + \Omega^2 (1 - n)\, x = 0 \qquad (3')$$

în care Ω este frecvența unghiulară a rotației electronilor.

După cum se vede, soluția este oscilantă, frecvențele de oscilație fiind dependente de valoarea lui n. Oscilațiile betatronice sînt stabile dacă

$$0 < n < 1. \qquad (4)$$

Indicele de cîmp este o mărime care intervine nu numai în teoria betatronului, ci și a tuturor acceleratorilor ciclici.

Valoarea indicelui de cîmp, sau, cu alte cuvinte, modul de variație a cîmpului magnetic în funcție de rază, depinde de profilul ales pentru piesa polară. În cazul nostru, profilul piesei polare a fost stabilit în urma unui program de verificări prin analogie reoelectrică și

* Ing. C. ILIESCU este șef adjunct de laborator, iar ing. ST. HALTRICH și ing. I. LEIBOVICI sînt ingineri principali la Institutul de fizică atomică al Academiei R.P.R.

prin măsurări magnetice pe modele. În prima fază, la cuva electrolitică au fost folosite atît modele plane cît și modele sectoriale cu simetrie cilindrică, rezultatele obținute în ambele cazuri fiind foarte apropiate. Aceasta a sugerat posibilitatea folosirii unui model magnetic cu simetrie plană, mult mai economic și mai ușor de confecționat decît unul cu simetrie cilindrică.

Ulterior, posibilitatea folosirii unui model plan pentru studiul cîmpurilor cu simetrie cilindrică a fost justificată și prin calcul [4], arătîndu-se că, în cazul nostru, erorile introduse sînt inferioare celor provenite din inerente imperfecțiuni de execuție.

Rezultatele obținute pe betatron — asupra cărora se va reveni în cele ce urmează — concordă cu cele obținute pe modele [5].

2. Metoda de măsurare

Metodele de măsurare a indicelui de cîmp descrise în literatură [6] sînt relativ numeroase și variate. Dintre acestea, metodele *indirecte*, bazate pe ridicarea experimentală a curbei $B_z(r)$ și pe deducerea lui n prin calcul grafic, se caracterizează printr-o precizie insuficientă, din care cauză nu au fost luate în considerație.

Metodele *directe*, care au de asemenea cîteva variante, se bazează în majoritatea cazurilor pe folosirea a două bobine-sondă etalonate, dispuse cu axele verticale la distanța constantă 2ρ, care se deplasează împreună în lungul razei r. Tensiunea indusă în fiecare bobină U este proporțională cu valoarea inducției magnetice B_z din locul respectiv.*

Fie B_1 și B_2 inducțiile corespunzătoare pozițiilor celor două bobine-sondă. Dacă se admite că variația radială a inducției este practic liniară pe distanța 2ρ, se poate scrie :

$$\frac{dB_z}{dr} = \frac{B_2 - B_1}{2\rho}, \tag{5}$$

iar valoarea inducției în centrul sistemului va fi :

$$B_z = \frac{B_1 + B_2}{2}. \tag{6}$$

În acest caz, indicele de cîmp se calculează cu relația :

$$n = -\frac{r}{\rho}\,\frac{1-\dfrac{B_1}{B_2}}{1+\dfrac{B_1}{B_2}}. \tag{7}$$

În varianta relativă a metodei directe, aleasă în cazul nostru, raportul $\frac{B_1}{B_2}$ se măsoară direct, ca raport al tensiunilor induse în cele două bobine :

$$\frac{B_1}{B_2} = \sigma\frac{U_1}{U_2}, \tag{8}$$

în care σ este raportul suprafețelor efective ale bobinelor-sondă, aflat printr-o etalonare prealabilă.

Avantajul acestei variante constă în aceea că nu este necesară cunoașterea valorilor absolute ale suprafețelor efective ale bobinelor-sondă, ci numai raportul acestora σ, iar măsurarea propriu-zisă se poate face printr-o metodă de nul [7].

Schema electrică este reprezentată în figura 1, în care L_1 și L_2 sînt bobinele-sondă, R_1 și R_2 — cutii de rezistențe de precizie, iar C_1 și C_2 — condensatoare variabile. Ca detector de nul s-a folosit un amplificator și un oscilograf, cu o amplificare totală de ordinul 10^4.

La echilibru, și neglijînd într-o primă aproximație elementele reactive din schemă, se obține :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}, \tag{9}$$

în care R_1 și R_2 includ și valoarea rezistențelor proprii ale bobinelor.

Înlocuind în (7) conform cu (8) și (9), se obține :

$$n = -\frac{r}{\rho}\,\frac{1-\sigma\dfrac{R_1}{R_2}}{1+\sigma\dfrac{R_1}{R_2}}. \tag{10}$$

Pentru calculul rapid și totuși precis al expresiei (10) a fost construită o nomogramă (fig. 2), bazată pe valorile cunoscute dinainte pentru σ, ρ și R_2. Această nomogramă permite aflarea valorii lui n, cînd se cunosc r și R_1, prin simplă interpolare pe hîrtie milimetrică.

Punerea la punct a aparaturii de măsurare a necesitat luarea unei serii de măsuri, ca de exemplu reducerea pînă la o valoare neglijabilă a paraziților de 50 Hz prin ecranarea și

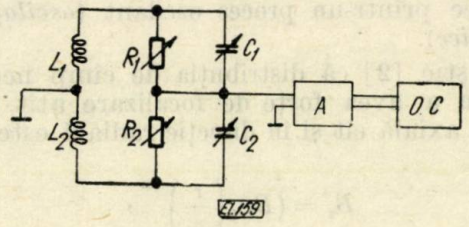


Fig. 1. Schema de principiu :
A — amplificator; *O.C.* — oscilograf catodic.

punerea la masă a întregii scheme, inclusiv a cablurilor de legătură, și prin îndepărtarea aparaturii din cîmpul magnetic de scăpări al betatronului.

* În cele ce urmează, indicele z se va omite, înțelegîndu-se totdeauna componenta axială a inducției.

Pentru obținerea unei tensiuni nule la echilibru, puntea de măsură a trebuit echilibrată atît în amplitutine (cu ajutorul rezistențelor), cît și în fază (cu ajutorul condensatoarelor).

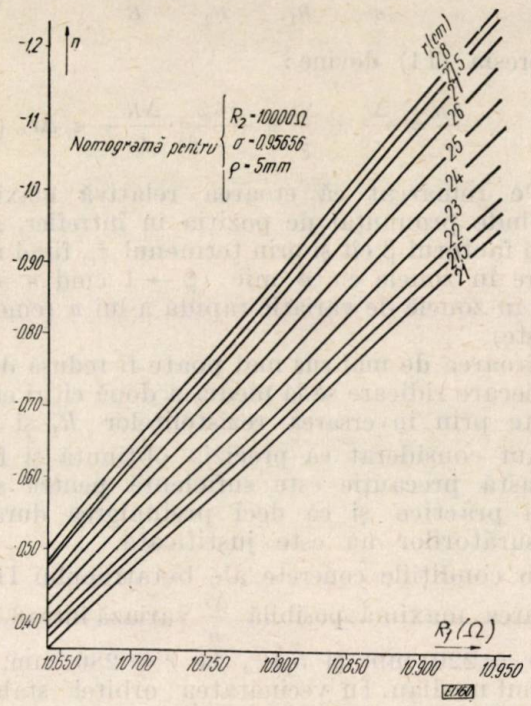


Fig. 2. Nomograma pentru calculul indicelui de cîmp.

Aceasta se explică în primul rînd prin defazajele introduse de elementele reactive din schemă — — inductanțele bobinelor-sondă și ale rezistențelor, capacitățile parazite etc. [7]. Sensibilitatea schemei a fost suficient de mare, putînd fi puse ușor în evidență variații relative ale rezistențelor de echilibrare de ordinul preciziei lor de construcție ($2 \cdot 10^{-4}$).

3. Dispozitivul de măsurare

3.1. *Construcția și etalonarea bobinelor-sondă.* Condițiile pe care trebuie să le satisfacă bobinele-sondă sînt contradictorii: este necesară o suprafață efectivă cît mai mare, dar în același timp dimensiuni cît mai mici, pentru ca tensiunea indusă să fie proporțională cu inducția magnetică dintr-un singur punct. În locul unor bobine cilindrice cu raportul lungimii către diametru de 0,72, recomandate în literatură [8], am preferat utilizarea unor bobine plate cu latura mică așezată radial, adică în direcția de variație mai rapidă a cîmpului. Numărul de spire al bobinelor este de asemenea limitat de creșterea rezistenței proprii, ale cărei variații, datorită schimbării temperaturii, pot deveni supărătoare.

Bobinele au fost realizate pe miezuri de pertinax de $10 \times 5 \times 1$ mm³ din conductor de cupru emailat de 0,05 mm diametru. Suprafața efectivă a fiecărei bobine a fost de circa 250 spire $\times$ cm², iar rezistența proprie de aproximativ 250 Ω. Distanța dintre axele bobinelor a fost fixată la $2\rho = 10$ mm. Bobinele au fost fixate rigid într-un cap de probă din plexiglas.

Etalonarea bobinelor-sondă s-a făcut atît în cîmp constant și uniform, furnizat de un electromagnet de laborator, cît și în cîmp altenativ, furnizat de o bobină Helmholz. În ambele cazuri s-a lucrat cu o punte similară celei din figura 1, folosind ca detectoare de nul fie galvanometrul balistic, fie respectiv amplificatorul și oscilograful. Valoarea σ a fost luată ca medie a patru citiri, inversînd atît poziția bobinelor între ele, cît și a rezistențelor între ele. Astfel, eroarea maximă de determinare a raportului σ poate fi luată egală cu eroarea maximă de construcție a rezistențelor:

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta R}{R} = 2 \cdot 10^{-4}. \qquad (11)$$

La construcția conexiunilor s-au luat măsuri de minimalizare a tensiunii culese de acestea. Conexiunile direct legate de bobine au fost incluse în etalonare.

3.2. *Dispozitivul de deplasare a bobinelor-sondă.* Pentru explorarea întrefierului a fost realizat* un dispozitiv de deplasare prevăzut cu un cărucior mobil și o tijă pe care se fixează capul de probă cu cele două bobine. Dispozitivul permite deplasarea axială, radială și azimutală pe 60°.

Printre particularitățile constructive ale acestui dispozitiv, care a fost folosit și la alte măsurări magnetice la betatron, se remarcă: fi-

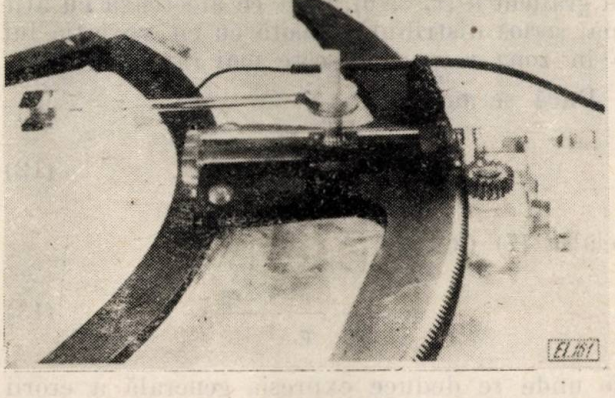


Fig. 3. Dispozitivul de deplasare a bobinelor-sondă.

xarea solidă de fețele polare și de bobinele betatronului, care asigură o rigidizare împotriva vibrațiilor; construcție în întregime din materiale nemetalice (plexiglas și pertinax) pen-

* Mulțumim pe această cale colectivului atelierului de prototipuri al IFA, și în special ing. Paul Pîrlogea, pentru proiectarea și realizarea acestui dispozitiv.

tru a nu distorsiona distribuția de cîmp; faptul că deplasarea radială și azimutală a bobinelor poate fi comandată de la o oarecare distanță, cu ajutorul unor tije izolante, permite lucrul cu electromagnetul betatronului pus sub tensiune.

Execuția îngrijită a permis reducerea erorilor de poziționare a bobinelor. Poziția radială se determină din distanța de la periferia magnetului și nu de la centru, deoarece raza extremității piesei polare este bine determinată prin asamblarea miezului pe un dispozitiv special și este ușor accesibilă ca linie de referință.

S-a apreciat că raza este cunoscută cu o eroare mai mică decît 0,5 mm. Eroarea asupra distanței dintre axele bobinelor (2ρ) este inferioară valorii de 0,1 mm.

4. Erorile de măsurare

Eroarea maximă posibilă este suma erorilor de metodă și de determinare. Eroarea de metodă provine, în cazul dat, de la aproximațiile făcute: ipoteza variației liniare a cîmpului cu raza în intervalul 2ρ și neglijarea elementelor reactive din schemă, în primul rînd a inductanței bobinelor. Eroarea de determinare este rezultatul a două contribuții — erorile de natură electrică și cele de natură geometrică. Erorile de natură electrică pot fi exprimate pînă la urmă numai în funcție de eroarea de construcție a rezistențelor de echilibrare, deoarece acestea au servit și la etalonarea bobinelor-sondă. Erorile de natură geometrică au însă o contribuție dublă: directă, deoarece mărimile r și ρ intră în expresia lui n, și indirectă, deoarece o eroare în determinarea poziției capului de probă face ca valoarea găsită pentru n să fie greșit înscrisă în graficul $n\,(r, z, \theta)$, ceea ce afectează cu atît mai serios distribuția găsită cu cît variația lui n în zona respectivă este mai rapidă.

Dacă se notează:

$$\beta = \frac{B_1}{B_2}. \tag{12}$$

relația (7) devine:

$$n = -\frac{r}{\rho}\frac{1-\beta}{1+\beta}, \tag{13}$$

de unde se deduce expresia generală a erorii maxime posibile [9]:

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{1-n^2}{3}\left(\frac{\rho}{r}\right)^2 + \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{2\beta}{1-\beta^2}\left[\frac{\Delta\sigma}{\sigma} + \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\omega^2 L_1}{R_1'}\left(\frac{L_1}{R_1} + \frac{L_2}{R_2}\right)\right] + \varepsilon_r \Delta r + \varepsilon_\theta \Delta\theta + \varepsilon_z \Delta z. \tag{14}$$

Deducerea formulei (14) este dată în anexă. Ținînd seamă că o serie de termeni au o contribuție neglijabilă (vezi anexa), și înlocuind:

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{\Delta R}{R}, \tag{15}$$

expresia (14) devine:

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{6\beta}{1-\beta^2}\cdot\frac{\Delta R}{R} + \varepsilon_r \Delta r. \tag{16}$$

De remarcat că eroarea relativă maximă depinde pronunțat de poziția în întrefier, atît prin factorul β cît și prin termenul ε_r, fiind mai mare în zonele cu n mic ($\beta \to 1$ cînd $n \to 0$) sau în zonele de variație rapidă a lui n (cînd ε_r crește).

Eroarea de mai sus mai poate fi redusă dacă la fiecare ridicare se ia media a două citiri efectuate prin inversarea rezistențelor R_1 și R_2.

Am considerat că precizia obținută și fără această precauție este suficientă pentru scopuri practice și că deci prelungirea duratei măsurătorilor nu este justificată.

În condițiile concrete ale betatronului IFA, eroarea maximă posibilă $\frac{\Delta n}{n}$ variază între 6,5% la $r = 220$ mm și 5,4% la $r = 280$ mm, în planul median. În vecinătatea orbitei stabile, datorită variației mai lente a lui n cu raza ($\varepsilon_r = 0{,}5\%$), eroarea nu depășește 3,8%. Măsurări repetate au confirmat că dispersia rezultatelor este mult inferioară acestor limite, ceea ce era de așteptat.

5. Rezultatele

Au fost efectuate numeroase ridicări ale curbei $n(r)$ în planul median, la diverse azimuturi. Au fost de asemenea efectuate măsurări și în afara planului median — care însă, după părerea autorilor, nu au decît un caracter informativ, deoarece indicele de cîmp definit conform (2) nu mai are, în afara planului median, rolul exprimat de ecuațiile (3) și (3') și, prin urmare, nu mai are același sens fizic.

Distribuția $n(r)$ în planul median se caracterizează printr-o valoare mediată pe o regiune simetrică în jurul orbitei stabile $\bar{n} = 0{,}75$, iar apertura radială a zonei stabile, în interiorul căreia $0 < n < 1$, este de 60 mm în jurul orbitei stabile. Valoarea indicelui de cîmp la raza orbitei stabile este:

$$n(r_0) = 0{,}76 \pm 0{,}029.$$

În felul acesta, în limita erorilor experimentale, rezultatele măsurătorilor magnetice confirmă realizarea valorilor impuse prin proiectare și concordă cu rezultatele obținute pe modele. Acest lucru reiese și din figura 4, în care au fost trasate, pentru comparație, distribuțiile

obținute pe modelul sectorial la cuva electrolitică, pe modelul magnetic plan și pe betatron. Cu ocazia reglajului final al betatronului a fost modificat întrefierul central, după care s-au

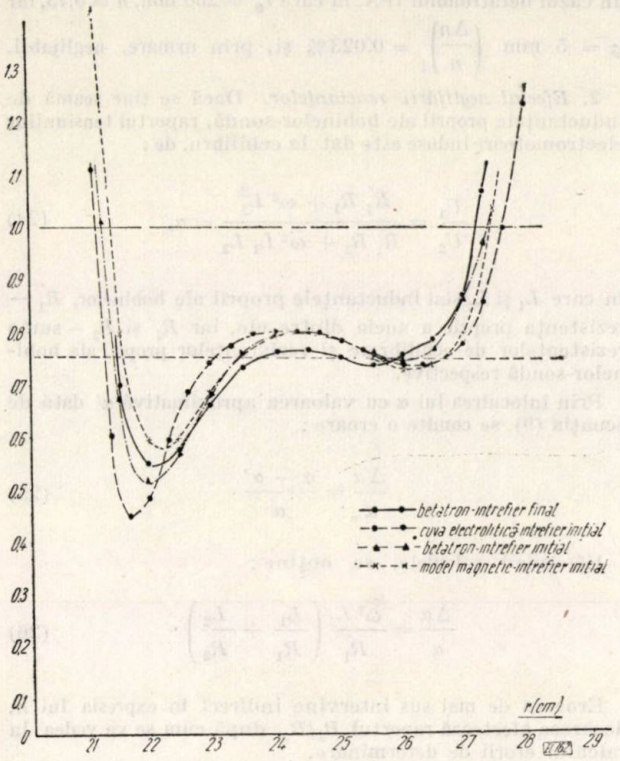


Fig. 4. Distribuția radială a indicelui de cîmp în planul median.

repetat măsurările asupra indicelui de cîmp. Rezultatele sînt de asemenea reprezentate în figura 4.

6. Măsurarea variației în timp a indicelui de cîmp

Valoarea n măsurată prin metoda arătată este o valoare globală, statică. În realitate, valoarea indicelui de cîmp într-un punct dat poate varia în timp. Această variație este mai pronunțată în două momente, și anume la începutul și la sfîrșitul procesului de accelerare, adică la cîmpuri mici și la cîmpuri mari.

La cîmpuri mici, distribuției cîmpului magnetic principal i se suprapune distribuția cîmpului curenților turbionari, care este defazat cu $\frac{\pi}{2}$, și, prin urmare, trece prin valoarea maximă. Valorile reale instantanee ale lui n rezultă din suma acestor două distribuții [10]. Distribuția cîmpului magnetic al curenților turbionari poate fi, în principiu, determinată cu ajutorul sondelor saturabile, în mod analog cu modul de măsurare al neuniformităților azimutale de fază*. Practic însă, măsurarea neuniformităților radiale este mult mai dificlă, acestea fiind mult mai mici decît cele azimutale. În cazul nostru, neuniformitățile radiale de fază au fost inferioare puterii de rezoluție a aparatului pentru determinarea neuniformităților de fază (0,1 gauss), astfel că nu au putut fi puse în evidență variații în valoarea lui n la injecție.

La cîmpuri mari, distribuția cîmpului magnetic este distorsionată din cauza neliniarității circuitului magnetic. Din această cauză, după cum s-a arătat în articolul precedent [1], măsurările complete asupra distribuției indicelui de cîmp au fost întreprinse în condițiile alimentării sub tensiune redusă la jumătate (3 kV). La plină tensiune au fost întreprinse verificări la anumite raze, care au constat în măsurarea valorii indicelui de cîmp corespunzătoare inducției magnetice maxime, adică sfîrșitului procesului de accelerare.

Pentru aceasta a fost folosită schema din figura 5.

Baza de timp a oscilo-sincroscopului a fost declanșată, cu ajutorul unei scheme electronice corespunzătoare, de trecerea cîmpului magnetic prin valoarea zero. Semnalul de dezechilibru al punții, după integrare, depinde de valoarea instantanee a raportului $\frac{B_1}{B_2}$. Acest semnal apare pe ecran simultan cu un marcaj de timp. Echilibrul punții se poate realiza astfel la momentul dorit [11]. Din valoarea rezistențelor se calculează valoarea indicelui de cîmp, după formula (10).

Rezultatele verificărilor întreprinse au arătat că valoarea indicelui de cîmp la inducția maximă nu diferă prea mult de cea la inducția medie.

În tabela 1 sînt prezentate valorile n la inducția maximă în comparație cu n la inducția medie, la trei raze, și anume : limita exterioară a zonei stabile, orbita de echilibru și raza corespunzătoare valorilor minime ale indicelui de cîmp.

O oarecare restrîngere a zonei stabile la inducții mari nu influențează însă negativ stabilitatea fasciculului de electroni, deoarece la sfîr-

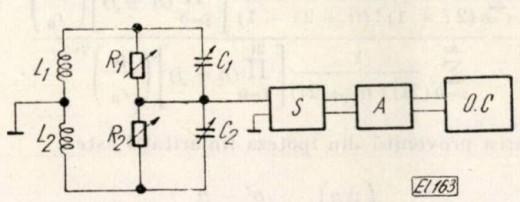


Fig. 5. Schema de principiu pentru măsurarea variației în timp a indicelui de cîmp.
S – integrator; A – amplificator; O.C. – osciloscop catodic.

șitul procesului de accelerare oscilațiile particulelor sînt puternic amortizate. Secțiunea fasci-

* Asupra acestei probleme vom reveni într-o lucrare viitoare.

Tabela 1

r (mm)	229	250	273
n (B_{med})	0,68	0,76	1
n (B_M)	0,53	0,82	1,2
Δn	−0,15	+0,06	+0,2

culului — care, la începutul accelerării, este comparabilă cu secțiunea camerei — se reduce la sfîrșit pînă la cîțiva milimetri pătrați.

Anexa 1

Deducerea expresiei erorii maxime posibile

1. *Efectul liniarizării.* Dezvoltînd expresia (1) în serie Taylor în jurul punctului $r = r_0$ obținem:

$$B(r) = B_0 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{i!\,(n+i)} \left[\prod_{j=0}^{i}(n+j)\right]\left(\frac{r-r_0}{r_0}\right)^i. \quad (17)$$

Inducțiile corespunzătoare pozițiilor celor două bobine, așezate la distanța 2 ρ, simetric față de punctul $r = r_0$, sînt:

$$B_1 = B_0 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{i!\,(n+i)} \left[\prod_{j=0}^{i}(n+j)\right]\left(-\frac{\rho}{r_0}\right)^i; \quad (18)$$

$$B_2 = B_0 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{i!\,(n+i)} \left[\prod_{j=0}^{i}(n+j)\right]\left(\frac{\rho}{r_0}\right)^i. \quad (18')$$

Utilizînd ecuațiile (18) și (18'), ecuația (7) devine:

$$n' = \frac{r_0}{\rho} \frac{B_0 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{i!\,(n+i)} \left[\prod_{j=0}^{i}(n+j)\right]\left(-\frac{\rho}{r_0}\right)^i - B_0 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{i!\,(n+i)} \left[\prod_{j=0}^{i}(n+j)\right]\left(\frac{\rho}{r_0}\right)^i}{B_0 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{i!\,(n+i)} \left[\prod_{j=0}^{i}(n+j)\right]\left(-\frac{\rho}{r_0}\right)^i + B_0 \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{i!\,(n+i)} \left[\prod_{j=0}^{i}(n+j)\right]\left(\frac{\rho}{r_0}\right)^i}. \quad (19)$$

Făcînd calculele necesare, ecuația (19) devine:

$$n' = \frac{\sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)!\,(n+2i+1)} \left[\prod_{j=0}^{2i+1}(n+j)\right]\left(\frac{\rho}{r_0}\right)^{2i}}{\sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i)!\,n(+2i)} \left[\prod_{j=0}^{2i}(n+j)\right]\left(\frac{\rho}{r_0}\right)^{2i}}. \quad (20)$$

Eroarea provenită din ipoteza liniarității este:

$$\left(\frac{\Delta n}{n}\right)_1 = \frac{n'-n}{n}, \quad (21)$$

sau, efectuînd calculele:

$$\left(\frac{\Delta n}{n}\right)_1 = 2\frac{1-n}{n} \frac{\sum_{i=0}^{\infty} \frac{i}{(2i+1)!\,(n+2i)} \left[\prod_{j=0}^{2i}(n+j)\right]\left(\frac{\rho}{r_0}\right)^{2i}}{\sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i)!\,(n+2i)} \left[\prod_{j=0}^{2i}(n+j)\right]\left(\frac{\rho}{r_0}\right)^{2i}}. \quad (22)$$

Pentru o aproximație de ordinul 1 ($i = 0,1$), ecuația (22) devine:

$$\left(\frac{\Delta n}{n}\right)_1 = \frac{1-n^2}{3}\left(\frac{\rho}{r_0}\right)^2. \quad (23)$$

În cazul betatronului IFA, la care $r_0 = 250$ mm, $n = 0{,}75$, iar $\rho = 5$ mm $\left(\frac{\Delta n}{n}\right)_1 = 0{,}023\%$ și, prin urmare, neglijabil.

2. *Efectul neglijării reactanțelor.* Dacă se ține seamă de inductanțele proprii ale bobinelor-sondă, raportul tensiunilor electromotoare induse este dat, la echilibru, de:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1' R_1 + \omega^2 L_1^2}{R_1' R_2 + \omega^2 L_1 L_2} = \alpha, \quad (24)$$

în care L_1 și L_2 sînt inductanțele proprii ale bobinelor, R_1' — rezistența proprie a uneia dintre ele, iar R_1 și R_2 — suma rezistențelor de echilibrare și rezistențelor proprii ale bobinelor-sondă respective.

Prin înlocuirea lui α cu valoarea aproximativă α' dată de ecuația (9), se comite o eroare:

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \frac{\alpha-\alpha'}{\alpha}. \quad (25)$$

Efectuînd calculele, se obține:

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \frac{\omega^2 L_1}{R_1'}\left(\frac{L_1}{R_1} + \frac{L_2}{R_2}\right). \quad (26)$$

Eroarea de mai sus intervine indirect în expresia lui n, deoarece afectează raportul B_1/B_2, după cum se va vedea la calculul erorii de determinare.

În cazul nostru, $\omega L_1 = \omega L_2 = 1{,}25\ \Omega$ iar $R_1' = 250\ \Omega$. Se observă că prin alegerea corespunzătoare a rezistențelor la o valoare suficient de mare — în cazul nostru 10 k Ω — această eroare devine neglijabilă.

3. *Eroarea de determinare.* Aplicînd relației (13) formula binecunoscută din teoria erorilor, rezultă:

$$\left(\frac{\Delta n}{n}\right)_2 = \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{2\beta}{1-\beta^2}\cdot\frac{\Delta\beta}{\beta}. \quad (27)$$

Raportul β este afectat atît de erorile de determinare propriu-zise, calculabile pe baza relației (12), cît și de eroarea datorită neglijării reactanțelor, dată de (26). Prin urmare:

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} = \frac{\Delta\sigma}{\sigma} + \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\omega^2 L_1}{R_1'}\left(\frac{L_1}{R_1} + \frac{L_2}{R_2}\right). \quad (28)$$

Rezultă în cele din urmă:

$$\left(\frac{\Delta n}{n}\right)_2 = \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{2\beta}{1-\beta^2}\left[\frac{\Delta\sigma}{\sigma} + \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\omega^2 L_1}{R_1'}\left(\frac{L_1}{R_1} + \frac{L_2}{R_2}\right)\right]. \quad (29)$$

4. *Erorile geometrice indirecte.* Erorile în cunoaşterea coordonatelor r, z şi θ ale capului de probă fac ca distribuţia $n(r, z, \theta)$ găsită să difere de cea reală. În acest caz eroarea este :

$$\left(\frac{\Delta n}{n}\right)_3 = \varepsilon_r \Delta r + \varepsilon_z \Delta z + \varepsilon_\theta \Delta\theta. \qquad (30)$$

Pentru planul median ($z = 0$), contribuţia dată de $\varepsilon_\theta \Delta\theta$ şi $\varepsilon_z \Delta z$ poate fi neglijată, deoarece n nu variază azimutal iar axial are un extrem. Se reţine deci numai termenul $\varepsilon_r \Delta r$. Valoarea acestuia a fost apreciată din distribuţia $n(r)$, ridicată în prealabil cu ajutorul modelelor, şi atinge 2,5% în zonele extreme, pentru o eroare Δr de 0,5 mm.

5. *Eroarea maximă posibilă totală.* Însumînd erorile calculate mai sus :

$$\frac{\Delta n}{n} = \left(\frac{\Delta n}{n}\right)_1 + \left(\frac{\Delta n}{n}\right)_2 + \left(\frac{\Delta n}{n}\right)_3 \qquad (31)$$

se obţine expresia căutată (14) a erorii maxime posibile totale. Efectuînd neglijările menţionate se obţine expresia simplificată (16).

Bibliografie

[1] *Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I.* : Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R. — Determinarea poziţiei orbitei de echilibru. Electrotehnica **10** 1962, 1,3-10

[2] *Haltrich St., Leibovici I.* : Betatronul, Automatica şi Electronica **1** 1957, 3, 119—129.

[3] *Kerst D. W., Serber R.* : Electronic orbits in the induction accelerator, Phys. Rev. **60** 1941, 53—58.

[4] *Iliescu C.* : Plane models for axially symmetric magnetic fields, preprint IFA/M-22 1961.

[5] *Haltrich St., Iliescu C., Leibovici, I.* : Izmerenie koeffiţienta spadaniia magnitnovo polia „n" betatrona IFA iz Buharesta, Comunicare prezentată la Colocviul asupra fizicii şi tehnicii betatronului, Jena (R.D.G.), iulie 1961.

[6] *Leşcenko I. G.* : Metodi izmereniia pokazatelia spadaniia magnitnovo polia v uskoritelnih ustanovkah, Izvestiia Tomskovo Politehniceskovo Instituta, **87** 1957, 120 — 129

[7] *Canarutto C.* : Metoda per la misura di campi magnetostatici. L'Elettrotecnica, XLIII 1956, 7, 364—368.

[8] *Herzog R. F., Tischler O.* : Measurement of inhomogeneous magnetic field. Rev. Sci. Instr. **24** 1953, 11, 1 000—1 001.

[9] *Haltrich St., Iliescu C., Leibovici I.* : Erorile în măsurarea gradientului grupului magnetic, Raport intern IFA/MB-106, 1957.

[10] *Leşcenko I. G.:* Vliianie radialnoi fazovoi neodnorodnosti na configuraţiiu magnitnovo polia v uskoriteliah, Izvestiia Tomscovo Politehniceskovo Instituta, **87** 1957, 130—136.

[11] *Kuzmin V. N.* : Izmerenie mgnovennovo znaceniia pokazatelia spadaniia magnitnovo polia v betatronah i sinhrotronah. Izvestiia V.U.Z., Elektromehanika, **2**, 1959, 3, 124—128.

Aspecte ale evoluţiei constructive a contactoarelor de joasă tensiune în aer. Tendinţe şi contribuţii noi

Aristide C. Predoiu* — Bucureşti

Introducerea mecanizării şi automatizării în procesele de producţie industrială presupune realizarea unor instalaţii de comandă şi reglare automată în a căror componenţă intră, ca elemente de bază, contactoarele moderne, cu o putere de rupere ridicată şi rezistînd la un număr de peste 10^7 operaţii. La elaborarea unor serii unitare moderne de contactoare se cere să se ţină seamă de numeroase principii şi considerente constructive, pentru a se obţine o fabricaţie de o calitate superioară.

CZ 621.316.53.001.6

Consumul crescînd de energie electrică şi extinderea mecanizării şi automatizării duc la o cerere mai mare de aparataj de joasă tensiune [1]. Pe măsura extinderii automatizării, tehnica comenzilor şi reglării influenţează şi dezvoltarea tehnicii construcţiei aparatelor de conectare [2].

Pentru automatizarea proceselor de prelucrare sînt necesare sisteme de comenzi. Comenzile electrice, bazate pe elemente componente unitare, se impun din ce în ce mai mult. Aceste elemente sînt alcătuite în esenţă din aparate electrice de conectare, de comandă şi de reglare, şi în speţă din contactoare de comandă şi de putere [3].

Contactoarele au devenit elemente de bază ale automatizării, datorită duratei lor mari de serviciu şi dimensiunilor lor reduse. Cu ajutorul contactoarelor în aer de construcţie modernă se poate realiza în prezent un număr de manevre care depăşeşte chiar 10^7 [4], [5]. Ele se folosesc atît ca aparate de comandă propriu-zise cît şi, în aceeaşi măsură, ca întreruptoare de sarcină sau ca întreruptoare pentru motoare.

Solicitările cărora, în practică, le sînt supuse în aceste cazuri diversele contactoare diferă în măsură foarte mare. Contactoarele pentru comenzi au deconectat puteri relativ mici, însă deseori cu frecvenţe orare foarte ridicate, ceea ce implică o durată de serviciu a contactoarelor foarte mare, din punctul de vedere al solicitărilor mecanice. Dimpotrivă, din cauza curenţilor de pornire a motoarelor care au o valoare mare, contactoarele pentru motoare trebuie să aibă o capacitate de rupere suficientă, o capacitate de închidere corespunzătoare şi o durată de serviciu a pieselor de contact ridicate [6].

* Ing. A. C. PREDOIU este inginer principal proiectant la I.I.S. „Automatica".

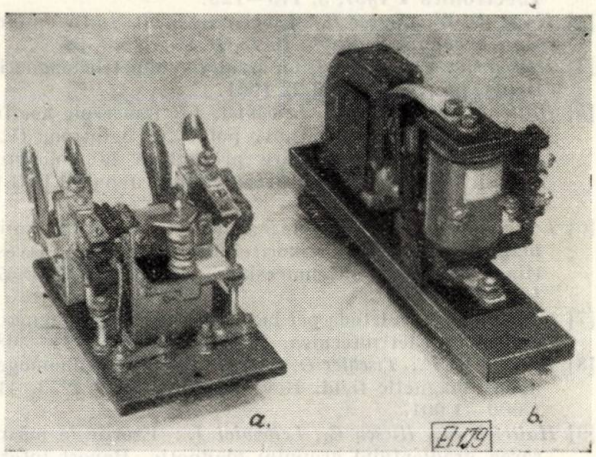


Fig. 1 :
a – contactor BC 60; *b* – contactor MC 100.

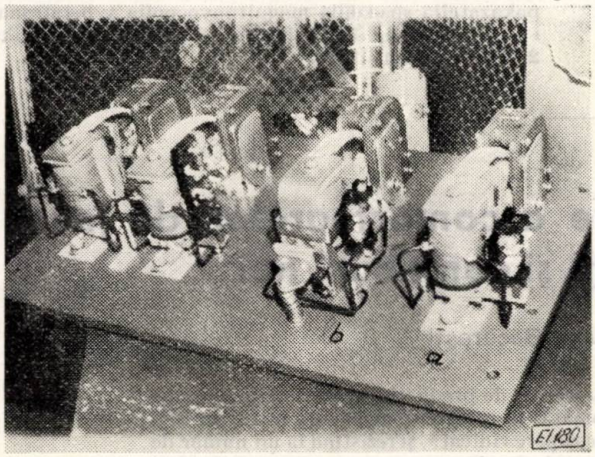


Fig. 2. Panou naval :
a – contactor MC 150; *b* – ruptor RMC 150.

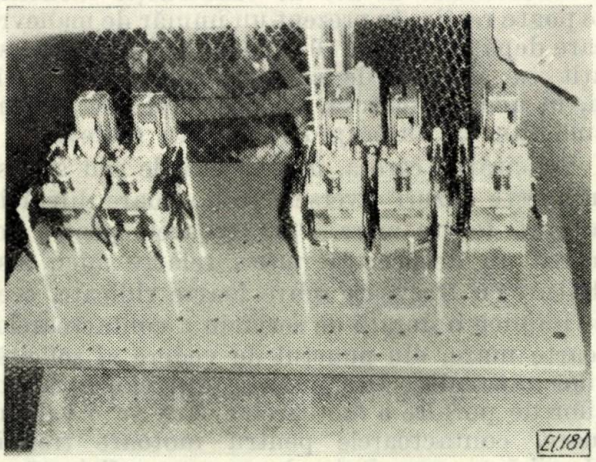


Fig. 3. Panou naval cu contactor MC 80.

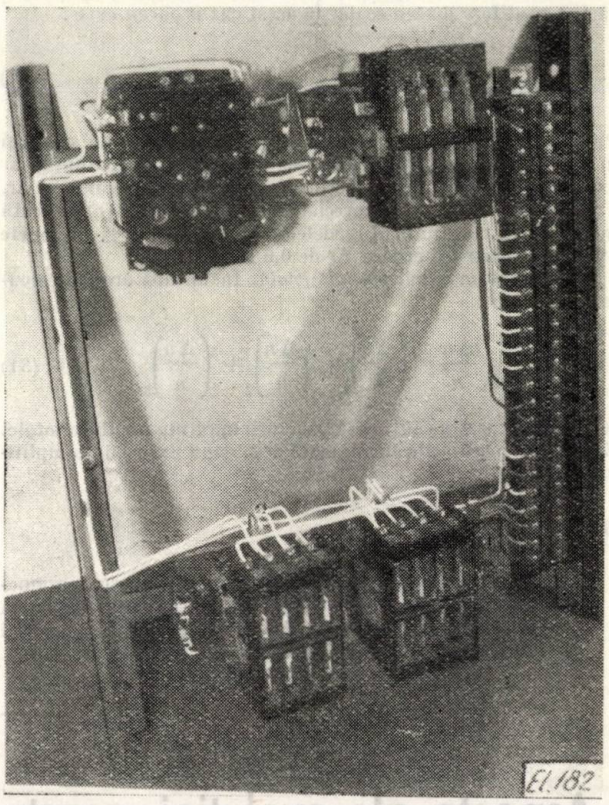


Fig. 4. Panou pentru freză cu contactoare CT 10—3 400.

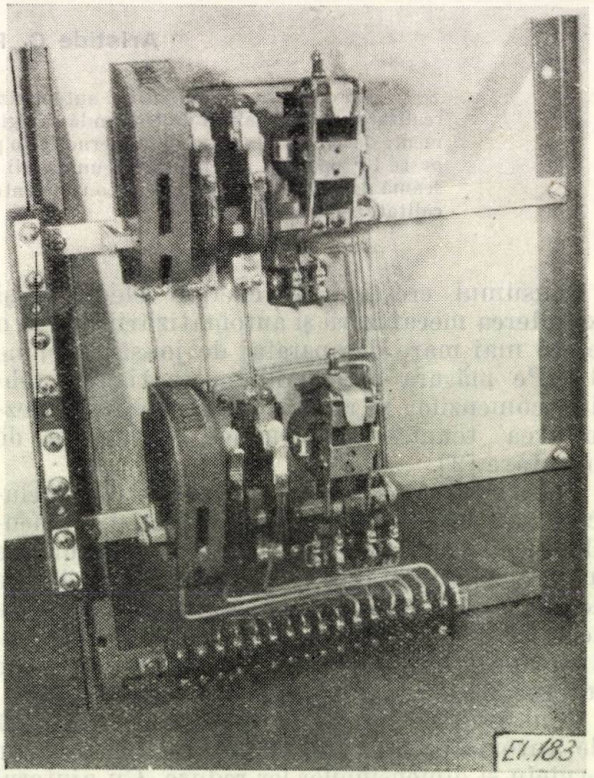


Fig. 5. Panou pentru freză cu contactor CT 25—3 410.

În general, comenzile electrice se realizează cu ajutorul diverselor tipuri de contactoare şi ruptoare de curent continuu sau alternativ, montate pe panouri. Ele se utilizează astfel:

— În tracţiunea electrică urbană, de exemplu pe troleibuze, se află panouri cu contactoare de curent continuu echipate cu contactoare MC 100 (fig. 1).

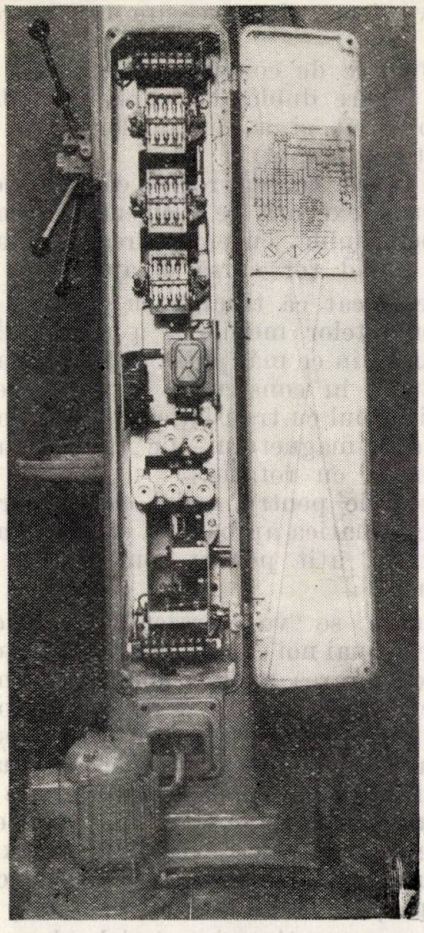


Fig. 6. Maşină de găurit cu acţionare electrică prin contactoare CT 10—3 400.

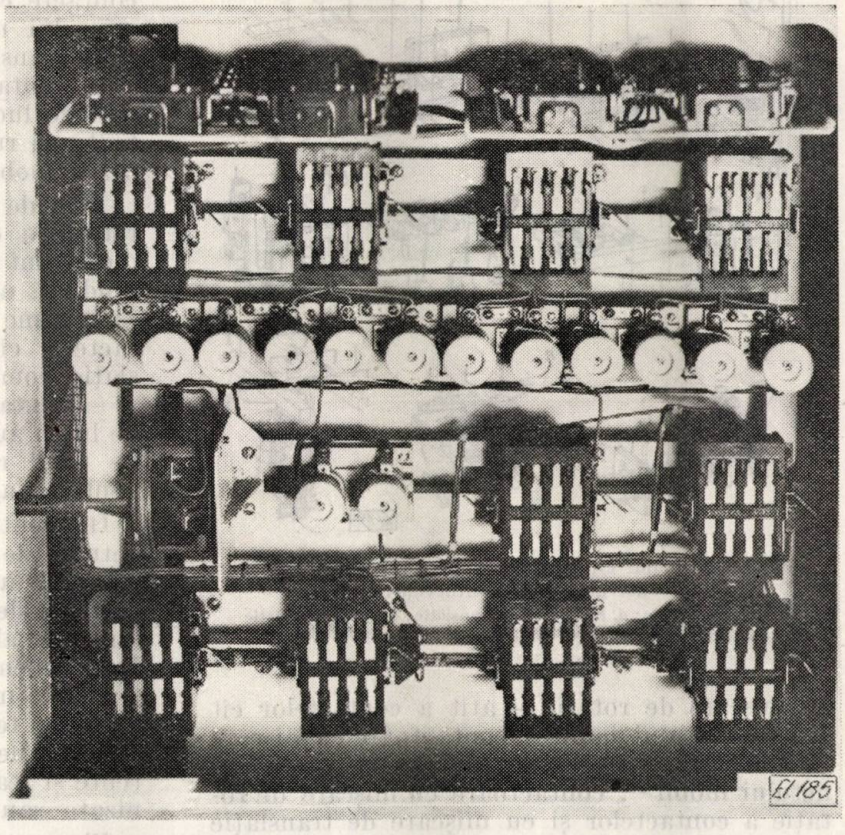


Fig. 7. Panou de comandă cu contactoare CT 10—3 400 pentru maşină-agregat.

— În instalaţiile electrice navale se utilizează panouri de comandă (fig. 2) în componenţa cărora intră contactoare MC 60, MC 80, MC 150 şi ruptoare RMC 60 şi RMC 150 (fig. 3).

— În instalaţiile electrice de pe maşini-unelte se folosesc panouri cu contactoare CT 10 şi CT 25, cu translaţie (fig. 4), CT 25 şi CT 63, cu rotaţie (fig. 5), sau contactoare CT 10 şi CT 25, cu translaţie, montate direct în corpul maşinii-unelte (fig. 6 şi 7).

Cele menţionate reprezintă doar o exemplificare restrînsă asupra aplicării contactoarelor în comenzile electrice. Ca domenii de aplicare a contactoarelor în comenzile electrice se mai pot enumera: în instalaţiile electrice de pe ascensoare, macarale, poduri rulante [22], în instalaţiile electrice din metalurgie (furnale, laminoare), în instalaţiile electrice de sudură, galvanotehnică, pentru conectarea bateriilor de condensatoare, precum şi în instalaţiile electrice ale liniilor tehnologice mecanizate şi automatizate din combinatele de prelucrare a produselor chimice, a firelor şi fibrelor sintetice, a produselor din lemn, a produselor din industria alimentară etc. Cu aceasta însă, enumerarea domeniilor de aplicare a contactoarelor în comenzile electrice rămîne incompletă.

După o descriere a elementelor constructive utilizate la construcţia diverselor tipuri de contactoare realizate în străinătate şi în ţara noastră, se vor indica principiile directoare în proiectarea, construcţia şi tehnologia seriilor unitare moderne de contactoare, pentru ca acestea să fie corespunzătoare cu cerinţele tehnicii contemporane.

Pentru precizarea problemei se impune o clasificare a acestor tipuri de aparate, după cum urmează:

a) După curent: contactoare de curent continuu şi de curent alternativ.

b) După tensiune: contactoare de joasă tensiune (pînă la 1 000 V) şi de înaltă tensiune (peste 1 000 V).

c) După modul de lucru: contactoare de comandă și de putere.

d) După cinematica sistemului de contact și a sistemului magnetic (fig. 8): contactoare

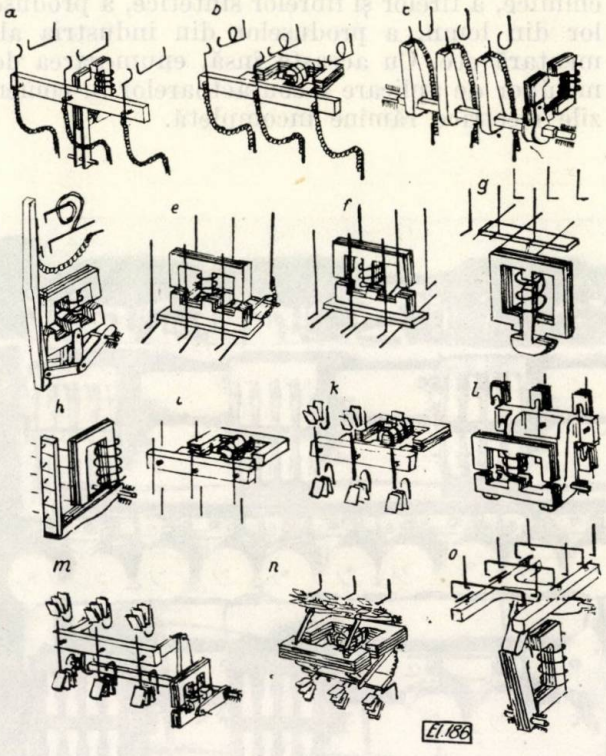


Fig. 8. Scheme cinematice pentru diverse tipuri constructive de contactoare:
a, b, c, h – rotație; *d, e, f, g, i, k* – translație; *l, m, n* – translație perpendiculară pe translație; *o* – rotație cu translație.

cu mișcare de rotație – atît a contactelor cît și a magnetului mobil –, contactoare cu mișcare de translație – atît a contactelor cît și a magnetului mobil –, contactoare cu mișcare de rotație a contactelor și cu mișcare de translație a electromagnetului mobil, contactoare cu mișcare de translație a contactelor și cu mișcare de rotație a magnetului, contactoare cu mișcare de translație a contactelor perpendiculară pe mișcarea de translație a magnetului mobil.

e) După locurile de rupere pe pol și fază: contactoare cu rupere simplă și contactoare cu rupere multiplă pe pol și fază.

f) După dispozitivul de stingere a arcului electric: contactoare cu camere de stingere și bobină de suflaj magnetic, contactoare cu camere deionice (cu grătar din plăcuțe de fier), contactoare cu camere simple.

g) După regimul de lucru: contactoare pentru regim electric normal de lucru – anclanșare pe o sarcină multiplă a curentului nominal, declanșare pe o sarcină egală cu curentul nominal –, contactoare pentru regim electric greu de lucru – anclanșare pe o sarcină multiplă a curentului nominal, declanșare pe o sarcină tot multiplă a curentului nominal, însă mai mică decît sarcina de la anclanșare.

Regimul de frînare în contracurent constituie un aspect de regim electric de lucru greu.

Fără a ține seamă de construcția releelor intermediare, care au un regim de lucru cu totul diferit de cel al contactoarelor, considerînd enumerarea de mai sus și cele mai recente tipuri constructive realizate de cele mai reprezentative firme, sînt necesare următoarele precizări:

– Contactoarele de comandă se execută cu contacte cu rupere dublă, iar cursa – atît a miezului mobil cît și a contactelor – este de tipul translației (dreaptă).

– Contactoarele pentru regim electric normal de lucru se execută de asemenea cu contacte cu rupere dublă, cu cursă dreaptă, magnetul mobil avînd tot cursă dreaptă.

Este de remarcat că tipurile cu mișcare de rotație a contactelor mobile și a magnetului mobil sînt din ce în ce mai puțin utilizate. Ca o tendință actuală în construcția acestor piese se impune fie tipul cu translație – atît a contactelor cît și a magnetului – fie cel cu translație combinată cu rotație.

– Contactoarele pentru regim electric greu de lucru au cinematica aproape în exclusivitate de tipul rotație, atît pentru contacte cît și pentru magnet.

În continuare se vor prezenta aspectele actuale ale celor mai noi construcții și tendințele moderne în elaborarea seriilor unitare de contactoare de curent alternativ și realizările constructive ale industriei electrotehnice românești. De asemenea, se vor indica soluțiile constructive cele mai adecvate condițiilor materiale și nivelului tehnic din țara noastră și elementele absolut necesare extinderii instalațiilor existente și realizării de noi linii tehnologice mecanizate sau parțial automatizate.

Elementele constructive și materiale ale contactoarelor descrise sînt:

– construcția generală;
– căile de curent, contactele și camerele de stingere;
– sistemul electromagnetic.

Analiza și prezentarea elementelor constructive și materiale

1. *Construcția generală*

În condițiile în care contactoarele sînt elemente de bază în marea majoritate a instalațiilor electrice, și în special în instalațiile de automatizare și mecanizare, producția lor – mai ales pentru variantele cu 10, 16 și 25 A – poate fi apreciată ca o producție de masă. Pentru producția de masă, o importanță deosebită are construcția generală, care trebuie să asigure o productivitate sporită prin montajul pe bandă

Cel mai indicat procedeu constructiv care asigură montajul pe bandă este folosirea reperelor cu tehnologie simplă, fără găuri filetate, într-un cuvînt a reperelor care să poată fi montate fără şuruburi, prin simplă îmbinare sau capsare, cu elemente elastice uşor demontabile, cu rol multiplu în asamblarea generală şi funcţionarea aparatului.

Există tipuri de aparate la care simpla demontare a unui şurub permite demontarea tuturor subansamblurilor şi reperelor; la cele mai noi tipuri nu există nici măcar un şurub care să aibă rol mecanic.

În afară de forma constructivă şi de rolul tehnologic multiplu, o importanţă deosebită au materialul folosit, soluţia materială cea mai economică, evitarea utilizării materialelor costisitoare sau deficitare.

2. *Contactele şi căile de curent*

Contactele trebuie apreciate sub aspectul materialelor folosite şi al formelor constructive.

La alegerea materialelor trebuie să se aibă în vedere următoarele:

— Contactele contactoarelor cu regim greu de lucru se execută din cupru electrolitic, sub formă de profil din bară trasă, calitatea „tare" reprezentînd cea mai bună soluţie. Cînd contactele se execută din bară prin operaţii de îndoire se admite şi calitatea „jumătate tare", deoarece operaţiile repetate de îndoire şi calibrare duc la creşterea durităţii. În nici un caz nu se admite executarea contactelor calitatea „moale".

— Contactele contactoarelor cu regim normal de lucru pot fi placate cu argint, pentru a avea duritatea de minimum 60 HB. Argintul constituie numai partea care asigură atingerea contactelor; stratul de argint trebuie să aibă grosimea astfel calculată încît la reducerea cu 1/3 prin uzură electrică a cursei în contact să mai existe argint pe cele două contacte. De exemplu, la un contactor avînd cursa în contact de 3 mm, admiţînd o uzură a contactelor de 2 mm şi considerînd că în această stare de uzură mai trebuie să rămînă pe fiecare contact un strat de argint de minimum 0,5 mm, grosimea stratului de argint pe fiecare contact trebuie să fie de minimum 0,5 mm.

Dimensiunile suportului-contact pe care se aplică argintul trebuie să fie astfel alese încît, fără o supradimensionare inutilă [7], să asigure suficientă rezistenţă mecanică şi capacitate termică.

În afară de argint tehnic pur, materialul pentru contacte poate fi constituit din aliaje ale argintului cu alte metale [1], [8], [9], [10], [11], [12], care să ofere stabilitate la solicitările mecanice, termice, chimice şi electrice.

La alegerea formei constructive a contactelor trebuie să se ţină seamă de deschidere — care trebuie să aibă o valoare minimă [7] — şi de traseul căilor de curent. Forma pieselor de contact trebuie să favorizeze formarea buclei de curent, care, la deschidere, sub acţiunea forţelor electrodinamice, tinde să se mărească; această mărire trebuie să aibă loc în afara zonei dintre contacte.

Pe lîngă forma clasică de contacte cu rupere simplă pe fază, se impune adoptarea contactelor cu rupere dublă şi chiar cvadruplă pe fază, ceea ce creează condiţii optime pentru stingerea arcului.

În figurile 9, 10, 11 şi 12 sînt reprezentate diverse forme de contacte care favorizează formarea buclei de curent, unele dintre ele realizînd o rupere multiplă pe fază. Poziţia de lucru a contactelor are un rol important în menţinerea deschiderii şi cursei în contacte la valoarea constantă. Astfel, contactele orizontale asigură recuperarea prin condensare a materialului pulverizat pe contactul inferior.

Dimensiunile punţilor de contact ale contactoarelor cu rupere dublă trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

— Greutate redusă, pentru evitarea energiei cinetice, care ar provoca şocuri şi vibraţii excesive.

— Lungime redusă şi judicios aleasă, pentru evitarea fenomenului de rezonanţă a contactelor.

— Dimensionare economică, pentru evitarea risipei de material.

Trebuie precizat că practic este imposibil de realizat o construcţie de contact lipsită de vi-

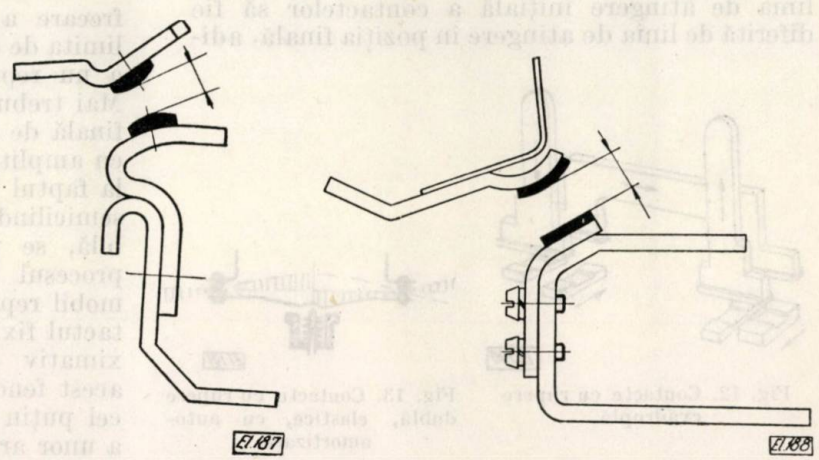


Fig. 9 şi 10. Contacte cu rupere simplă.

braţii. Experienţa a arătat însă [13] că vibraţiile cu o durată sub 0,5 ms nu au nici o influenţă dăunătoare asupra contactelor.

Utilizarea punților de contact din material elastic duce la o autoamortizare a contactelor (fig. 13); aceasta reprezintă una dintre cele mai moderne soluții constructive, aplicabilă contactoarelor chiar pînă la 200 A. Pentru a se

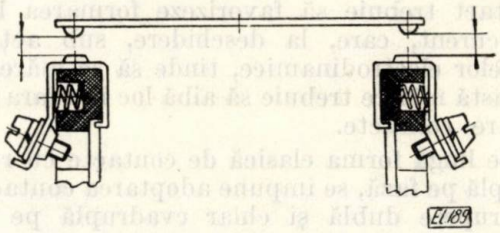


Fig. 11. Contacte cu rupere dublă.

obține o elasticitate favorabilă la contactoarele peste 100 A se utilizează punți suprapuse.

Unele soluții mai vechi, care se utilizează încă și în prezent, cuprind amortizoare din material spongios, între puntea de contact și suportul echipajului mobil, sau resoarte amortizoare între armătura mobilă a electromagnetului și suportul mobil. Alte soluții constructive, obișnuite în special la contactoarele cu rotație, au folosit un amortizor, care prin frecare limitează viteza echipajului mobil în momentul atingerii contactelor și prin aceasta energia cinetică a pieselor în mișcare.

La contactoarele cu mișcare de rotație, dimensiunile geometrice ale contactelor și ale pieselor cinematice — respectiv lungimea brațului contactului mobil, a suportului său, distanța dintre centrele de rotație ale suportului și contactului, prăbușirea în contact — trebuie să satisfacă anumite relații [14], care asigură o vibrație minimă a contactelor.

Se știe că pentru o bună comportare a contactelor contactoarelor este recomandabil ca linia de atingere inițială a contactelor să fie diferită de linia de atingere în poziția finală, adi-

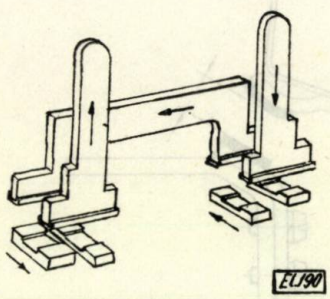


Fig. 12. Contacte cu rupere cvadruplă.

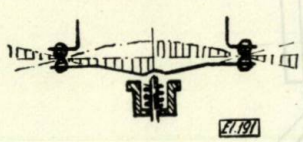


Fig. 13. Contacte cu rupere dublă, elastice, cu autoamortizare.

că în poziția stabilă [14]. Această situație se întîlnește în special la contactele de rotație, la care în momentul închiderii se produce o frecare și o autocurățire a suprafețelor de atingere.

Trebuie totuși subliniat un fapt care nu a fost încă tratat și explicat în literatura de specialitate. S-a observat că contactele care în momentul anclanșării se ating prin frecare, în cazul probei de verificare a capacității de rupere — chiar dacă au o forță în contact sub limita minimă admisibilă și manifestă un fenomen de vibrație — nu se sudează. Așa cum rezultă din figura 14, linia de atingere inițială diferă de linia de atingere finală.

În intervalul de timp dintre atingerea inițială și cea finală, contactele se află într-un proces de urmărire reciprocă prin frecare însoțită de vibrație. Se presupune că vibrația este uniform repartizată pe distanța pe care contactele sînt în stare de frecare și că fiecărui punct de pe această distanță îi revine o fracțiune din vibrația totală. Întrucît în acest interval de timp contactele nu se sudează, rezultă că fracțiunile de vibrații corespunzînd punctelor de atingere uniform repartizate pe distanța de

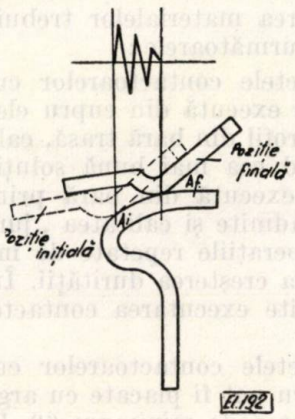


Fig. 14. Contacte cu rupere simplă, cu frecare și vibrație uniform repartizate.

frecare a contactelor ar avea o durată sub limita de 0,5 ms, care din experiență s-a dovedit a nu reprezenta un fenomen dăunător [13]. Mai trebuie observat că punctelor de la limita finală de atingere le revin fracțiuni de vibrații cu amplitudini din ce în ce mai mici. Revenind la faptul demonstrat [14], că forma de contact semicilindru-semicilindru este cea mai favorabilă, se poate confirma presupunerea că în procesul vibrației fiecare salt al contactului mobil reprezintă o avansare a acestuia pe contactul fix, printr-o frecare sau o atingere aproximativ continuă, pînă la atingerea finală; acest fenomen conduce, dacă nu la eliminarea, cel puțin la diminuarea procesului de formare a unor arcuri electrice mici, care ar putea provoca apariția unor mici cantități de metal lichid și sudarea contactelor.

În legătură cu *contactele fixe* sînt necesare următoarele recomandări constructive:

— în cadrul căii generale de curent, forma lor trebuie să favorizeze efectul buclei de curent;

— să permită montarea şi demontarea cu uşurinţă din ansamblul aparatului, utilizînd elemente elastice, fără a necesita demontarea din instalaţie a întregului aparat;

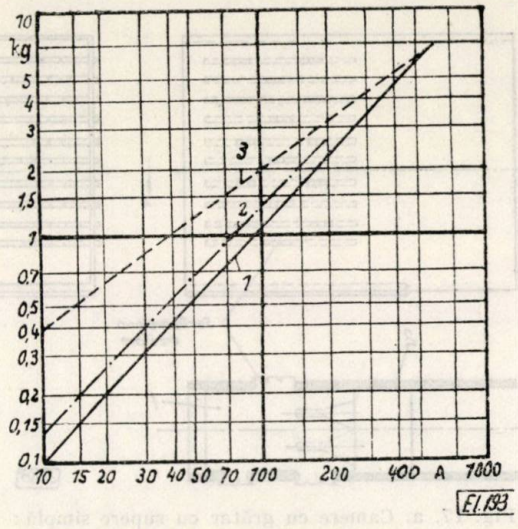


Fig. 15. Caracteristicile-forţă în contact funcţie de curent:
1 — pentru contacte din argint în aer; *2* — pentru contacte din cupru în ulei; *3* — pentru contacte din cupru în aer.

— să aibă rol multiplu în funcţionarea aparatului, respectiv de suport pentru cameră de stingere, corn de suflaj etc.;

— să fie dimensionate adecvat, pentru a oferi capacitatea termică, uzura electrică şi uzura mecanică corespunzătoare. Se recomandă, de asemenea, atît pentru contactele fixe cît şi pentru cele mobile, terminaţiile sub formă de coarne de suflaj.

Se recomandă ca presiunea în contact să fie pentru contactele din argint sau aliaje de argint de minimum 10 g/A. Aşa cum s-a dovedit experimental [16], curbele din figura 15 constituie un îndrumar preţios în alegerea presiunii în contact pentru diverse materiale, la orice curenţi nominali.

Presiunea în contact pentru contactele tip punte se poate realiza cu unul sau două resoarte. Esenţial de observat este că la cele mai noi construcţii de contactoare presiunea resortului se exercită pe o piesă intermediară, care uşurează demontarea punţii, fără să fie necesară demontarea resoartelor (fig. 16).

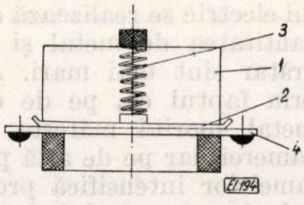


Fig. 16. Punte de contact cu piesă intermediară:
1 — suport contacte; *2* — piesă intermediară; *3* — resort de contact; *4* — punte de rupere dublă.

Calea de curent, la contactoarele cu rotaţie care folosesc mănunchiuri flexibile, se recomandă să fie executată din liţă foarte flexibilă, cu firul cu diametrul de cel mult 0,05 mm, din cupru electrolitic, calitatea „tare", pentru a avea suficientă elasticitate. Se recomandă, de asemenea, ca fixarea papucilor de legătură să se execute prin presare, evitîndu-se cositorirea în zonele solicitate la îndoiri. Temperatura de cositorire produce o decălire a materialului, cu pierderea elasticităţii, din care cauză apar deformaţii permanente care duc la obosirea firelor şi la ruperea lor la manevre repetate. Nu este indicată argintarea sau nichelarea mănunchiului flexibil.

În legătură cu *dispozitivele de stingere* a arcului, a căror necesitate este incontestabilă, problemele sînt:

a) pentru ce curenţi nominali sînt necesare camere de stingere;

b) care sînt tipurile constructive cele mai moderne;

c) care sînt concepţiile noi în legătură cu elementele constructive ale camerelor de stingere.

Înainte de discutarea acestor condiţii este necesar să se arate că stingerea arcului prin metoda clasică a suflajului magnetic [17], [18] se mai aplică numai la contactoarele de curent continuu şi de curent alternativ de înaltă frecvenţă [19] şi destul de rar la contactoarele cu regim greu de lucru.

La construcţiile moderne, întreruperea arcului electric se realizează prin întreruperea multiplă (dublă, cvadruplă) pe pol şi pe fază, respectiv o aşa-numită autostingere, datorită şi autosuflajului magnetic [16], [20]; de la un anumit curent nominal în sus, se folosesc în exclusivitate camerele de stingere cu grătar din plăci de fier, tip deion, a căror aplicare a devenit o soluţie actuală chiar şi pentru contactoarele şi automatele de înaltă tensiune în aer [21].

Cele mai importante avantaje pe care le prezintă camerele de stingere [19] sînt: stingerea arcului într-un spaţiu restrîns, gabaritul redus, utilizarea contactoarelor în cutii închise pentru tablouri capsulate şi pentru construcţii antigrizutoase [22], [23], durata de stingere a arcului, care asigură împotriva supratensiunilor de natură inductivă.

a) Aşa cum rezultă din cele mai moderne construcţii de contactoare în aer, *camerele de stingere* constituie o necesitate absolută în vederea stingerii arcului electric, numai pentru curenţi ce depăşesc 25—30 A. Diferitele tipuri constructive de 10, 16 şi 20 A realizează stingerea arcului numai prin adoptarea a două locuri de rupere pe pol şi fază, prevederea de materiale rezistente la acţiunea arcului electric (şamoă electrotehnică, steatit, melamină) sau căptuşirea spaţiului de expandare a arcului cu materiale gazogeneratoare, cum ar fi plăcile de fibră.

La unele construcţii se prevăd mici fişii de fibră suprapuse punţii de contact, cu o margine

prelungită peste capetele punții, care preiau arcul electric. De asemenea, fantele care deschid spațiile de expandare trebuie judicios alese ca mărime și ca amplasare, astfel încît să limiteze ieșirea arcului, asigurînd în același timp ventilarea și deionizarea acestui spațiu, respectiv evacuarea gazelor calde din zona contactelor.

Ținînd seamă de ultimele realizări constructive, rezultă că un curent alternativ de 20 A poate fi considerat ca un nivel pînă la care puterea de rupere a contactoarelor poate fi asigurată fără dispozitive de stingere a arcului. La curenți depășind 20 A, construcțiile de contactoare necesită dispozitive de stingere a arcului care să realizeze capacitatea de rupere.

Evident, construcțiile de contact cu rupere cvadruplă pe pol realizează capacitatea de rupere fără dispozitive de stingere speciale, în afara pereților separatori, din material rezistent la temperatura arcului electric.

b) *Camerele de stingere cu grătar deionic* rămîn dispozitivul de stingere a arcului cel mai eficace și cel mai simplu de realizat. În construcția camerelor cu grătar deionic trebuie însă să se țină seamă de unele elemente dimensionale pe care experiența le-a confirmat, și anume:

— Numărul lamelelor grătarului să fie astfel ales încît la fracționarea arcului electric unui interval dintre două lamele să nu-i revină o tensiune mai mare de 50 V.

— Distanța dintre lamele să fie de cel puțin 2 mm pînă la curenți de 60 A, iar la curenți mai mari — pînă la maximum 4 mm, limita minimă fiind impusă de necesitatea de a nu frîna arcul electric, iar cea maximă de a nu permite expandarea peste limita camerei de stingere.

— Grosimea lamelei nu va fi sub 1 mm, pentru a se asigura capacitatea termică corespunzătoare, putînd să ajungă pînă la cel mult 3 mm pentru construcțiile de 200—400 A.

— Lungimea lamelei pentru construcțiile cu rupere dublă va fi de cel puțin 15 mm la 25 A și de cel mult 50—60 mm pentru 200 A. Pentru construcțiile cu rupere simplă, lungimea lamelei trebuie să fie între 1,5 și 2 cm, în raport cu lungimea de la ruperea dublă.

—Materialul indicat pentru lamele este tabla de fier, iar acoperirea se va face prin cuprare.

— Materialul pereților trebuie să fie rezistent la arc — de exemplu azbociment sau, cel mai potrivit, șamotă electrotehnică.

— Dispoziția lamelelor în cameră, în funcție de construcția de ansamblu a contactorului, poate fi: paralelă, orizontală, verticală sau în evantai.

— Așezarea camerei de stingere în zona de formare a buclei de curent.

c) În ultimul timp s-au consemnat o serie de concepții noi în realizarea *camerelor de stingere*. Ca principiu de construcție s-a păstrat cel al camerelor cu grătar. Una dintre variantele noi constă în înlocuirea (fig. 17, a și 17, b) pereților din azbociment sau șamotă cu pereți exteriori din fibră, care pe lîngă rolul mecanic de susținere a lamelelor au și un rol important în

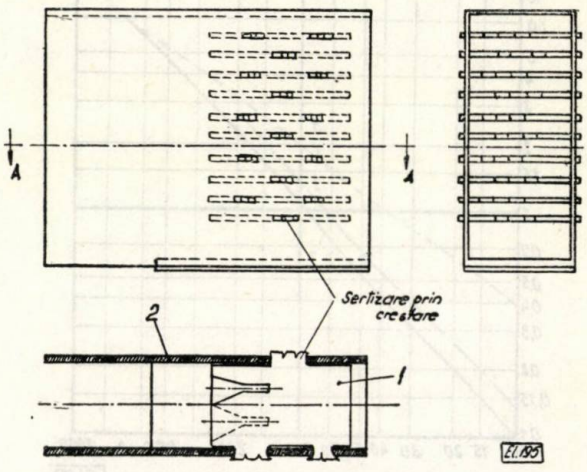


Fig. 17, a. Camere cu grătar cu rupere simplă:
1 — placă deionică din fier cuprată; *2* — perete din fibră.

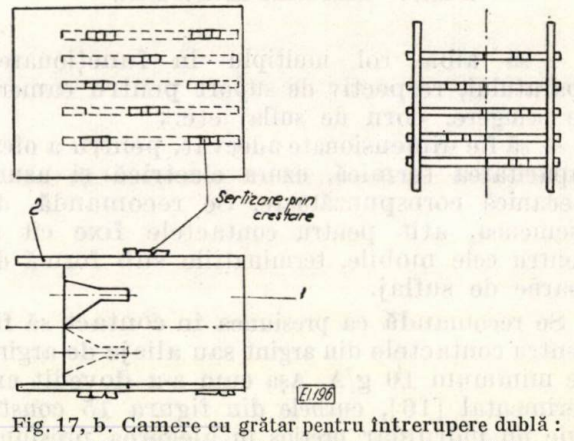


Fig. 17, b. Camere cu grătar pentru întrerupere dublă:
1 — placă deionică din fier cuprată; *2* — perete din fibră.

stingerea arcului electric: fibra este un material care, la temperatura arcului, generează gaze, neutre din punct de vedere electric; aceste gaze, creînd o presiune în interiorul camerei, contribuie la înăbușirea și stingerea arcului.

Din practică s-a constatat că stingerea arcului electric se realizează cu atît mai bine cu cît cantitatea de metal și suprafața plăcilor din grătar sînt mai mari. Acest lucru se explică prin faptul că, pe de o parte, cantitatea de metal sporită mărește capacitatea termică a camerei, iar pe de altă parte suprafața mare a lamelelor intensifică procesul de răcire și de deionizare a arcului electric. Această idee a fost materializată la întreprinderea „Electroaparataj", prin simpla îngroșare a lamelelor camerei de stingere de la 1 la 1,6 mm la contactoarele de 10 A (cu translație) și 25 A (cu rotație)—

bineînțeles cu dimensionarea corespunzătoare a căilor de curent; s-a ridicat capacitatea de rupere după cum urmează:

— pentru contactorul de 10 A (cu translație) de la 8×10 A (la 550 V, cos Φ=0,4) la 6 × 25 A (la 550 V, cos Φ = 0,4) sau 8×25 A (418 V, cos Φ = 0,4);

— pentru contactorul de 25 A (cu rotație) de la 8×25 A (la 550 V, cos Φ = 0,4) la 8×63 A (la 550 V, cos Φ = 0,4).

Creșterea cantității de metal și a suprafeței lamelelor din grătarul de stingere nu trebuie să se facă pe seama depășirii dimensiunilor obișnuite ale camerei de stingere sau a gabaritului aparatului, ci prin folosirea judicioasă a spațiului unei camere obișnuite sau chiar sub limitele acestuia.

Ideea creșterii suprafeței lamelelor din grătar poate fi realizată fie prin prevederea unei nervuri în configurația lamelei (fig. 18), fie prin creșterea lungimii prin îndoirea capătului (fig. 19).

Figura 20,a reprezintă configurația unei camere de stingere avînd în grătar lamele de forma indicată în figura 19, însă așezate în evantai.

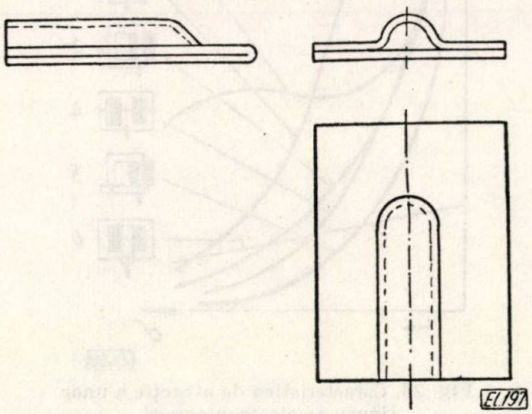


Fig. 18. Placă deionică dublă cu nervură.

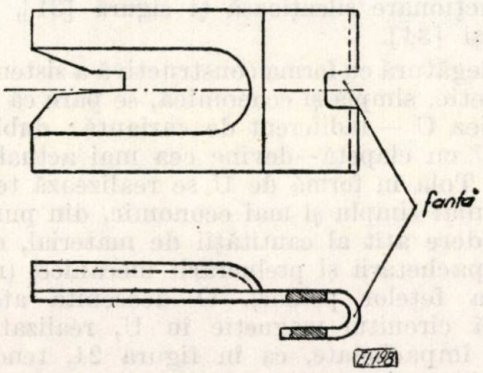


Fig. 19. Placă deionică cu istm, nervură și capăt îndoit.

Această configurație de cameră oferă și alte avantaje:

— nervura de pe lamelă ghidează mișcarea piciorului arcului pe ea, asigurînd în același timp o viteză sporită de deplasare a arcului [20];

— configurația lamelei cu nervură și îndoire la capăt creează o șicanare a arcului, care este

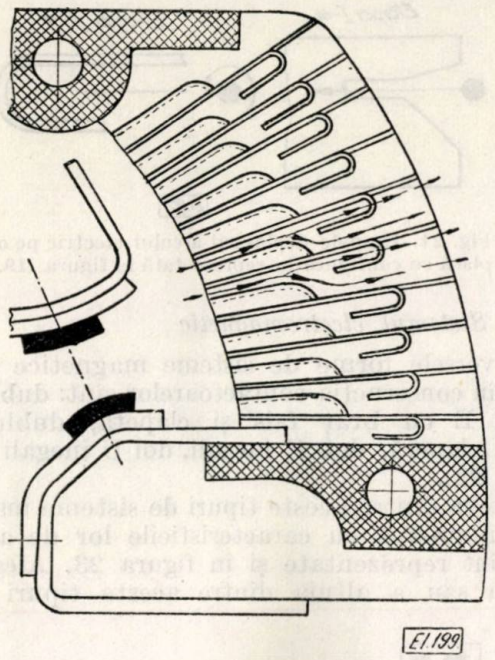


Fig. 20, a. Cameră cu grătar cu plăci deionice cu configurația reprezentată în figura 19.

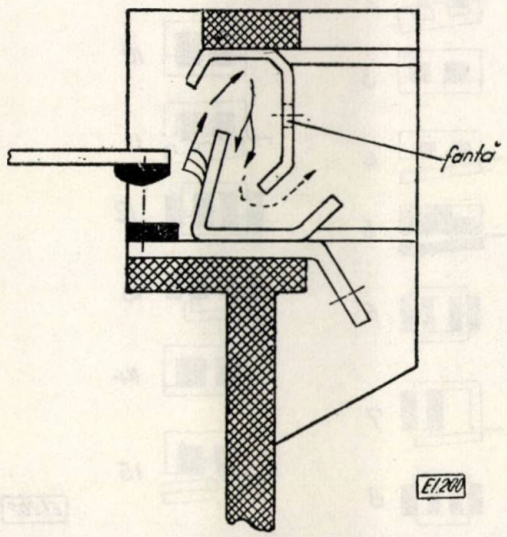


Fig. 20, b. Cameră de stingere cu plăci în formă de șicană.

astfel obligat să urmărească drumul indicat în figură;

— forma indicată în figura 19 oferă posibilitatea evacuării gazelor calde care se ridică în punga formată de îndoirea capătului lamelei;

— arcul electric absorbit în prima etapă de istmul lamelei [33] va fi reabsorbit în a doua etapă de capătul îndoit al lamelei și, în același timp, va suferi o oarecare răsucire (fig. 21).

O altă variantă constructivă nouă de cameră cu şicane pentru stingerea arcului electric este înfăţişată în figura 20, b. Prin fanta indicată în figură se asigură evacuarea gazelor calde.

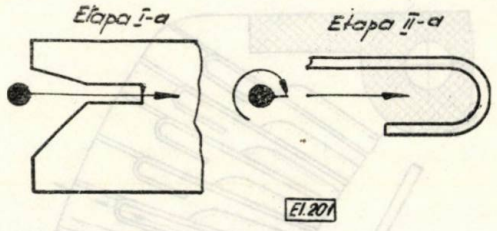


Fig. 21. Etapele deplasării arcului electric pe o placă cu configuraţia reprezentată în figura 19.

3. *Sistemul electromagnetic*

Diversele forme de sisteme magnetice întîlnite în construcţia contactoarelor sînt: dublu E, E şi E cu braţ fals şi clapetă, dublu U, U cu clapetă, doi E inegali, doi U inegali şi T (fig. 22).

Cîteva dintre aceste tipuri de sisteme magnetice împreună cu caracteristicile lor de atracţie sînt reprezentate şi în figura 23. Alegerea unuia sau a altuia dintre aceste tipuri este

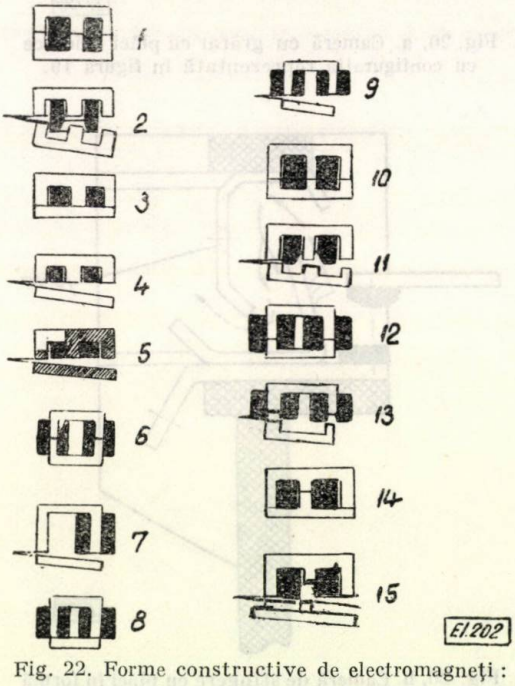


Fig. 22. Forme constructive de electromagneţi:
1 — dublu E, cu translaţie; *2* — dublu E, cu rotaţie; *3* — E cu clapetă, cu translaţie; *4* — E cu clapetă, cu rotaţie; *5* — E cu braţ fals; *6* — dublu U, cu translaţie şi două bobine; *7* — U cu clapetă, cu rotaţie; *8* — U cu clapetă, cu translaţie şi două bobine; *9* — U cu două bobine şi clapetă, cu rotaţie; *10* — dublu E, inegali, cu translaţie; *11* — dublu E, inegali, cu rotaţie; *12* — dublu U, inegali, cu translaţie şi două bobine; *13* — dublu U, inegali, cu rotaţie şi două bobine; *14* — T, cu translaţie; *15* — T, cu rotaţie.

legată de tipul constructiv şi de cinematica adoptată.

Oricare ar fi cinematica contactorului, la alegerea tipului de electromagnet se recomandă să se ţină seamă de următoarele criterii:

— forma constructivă şi tehnologia să fie simple;

— să se realizeze economie de material, respectiv de tablă silicioasă şi de sîrmă de cupru electrolitic [24], [25], printr-o dimensionare optimă;

— să se asigure caracteristica activă optimă, respectiv forţa iniţială suficientă, iar în poziţia închis — un exces de forţă redus [16], [26], [27];

— funcţionarea să fie corectă în raport cu limitele de tensiune stabilite prin prescripţiile tehnice în vigoare, fără şocuri la anclanşare şi fără remanenţă la declanşare [5], [28], [29];

— fixarea mecanică în ansamblul aparatului să fie corespunzătoare;

— să se aleagă cel mai potrivit tip constructiv [30] de spiră în scurtcircuit, care să ducă la

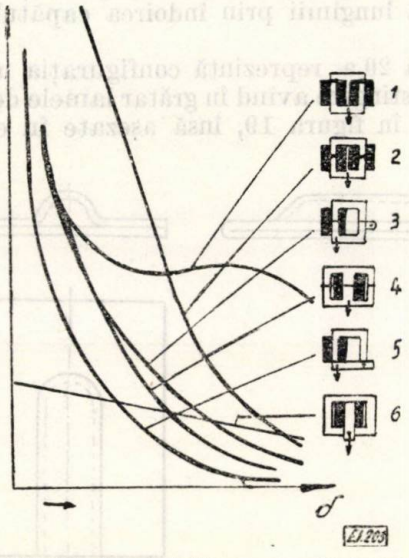


Fig. 23. Caracteristica de atracţie a unor tipuri de electromagneţi.

o funcţionare silenţioasă şi sigură [31], [32], [33] şi [34].

În legătură cu forma constructivă a sistemului magnetic, simplă şi economică, se pare că tipul de miez U — indiferent de variantă: dublu U sau U cu clapetă—devine cea mai actuală soluţie. Tola în formă de U se realizează tehnologic mai simplu şi mai economic, din punctul de vedere atît al cantităţii de material, cît şi al împachetării şi prelucrării mecanice (rectificarea feţelor polilor). O deosebită atenţie merită circuitul magnetic în U, realizat din benzi împachetate, ca în figura 24, tendinţă nouă în construcţia contactoarelor şi încă nemenţionată în vreo lucrare de specialitate. Tipul de magnet în U cu două bobine plasate pe cele două ramuri realizează şi o importantă economie de sîrmă emailată de cupru electrolitic, deoarece diametrul mediu al spirei este mai mic decît în cazul unei singure bobine

(dacă se porneşte de la premisa că se păstrează numărul de spire, diametrul sîrmei şi fereastra echivalentă pentru bobinaj).

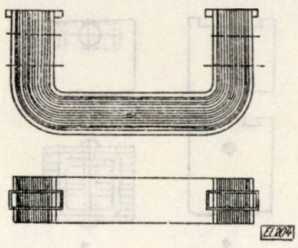


Fig. 24. Circuit magnetic realizat din benzi.

Caracteristica de atracţie a tipului de magnet în U cu două bobine, aşa cum rezultă şi din figura 25 [29], este superioară caracteristicii tipului în E. În figura 25 sînt redate caracteristicile pentru doi electromagneţi în U şi E avînd aceeaşi greutate de fier, acelaşi număr de spire, acelaşi diametru al sîrmei şi aceeaşi inducţie în poziţia închis; rezultă în mod evident superioritatea magnetului în U.

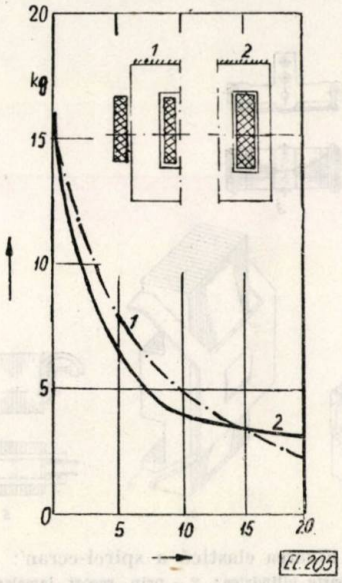


Fig. 25. Caracteristica de atracţie pentru electromagneţi:
1 – dublu U, cu două bobine;
2 – dublu E.

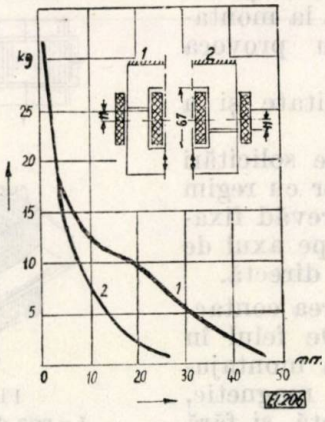


Fig. 26. Influenţa poziţiei întrefierului asupra caracteristicii de atracţie la un magnet dublu U, cu două bobine.

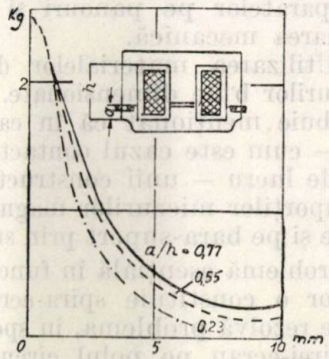


Fig. 27. Influenţa poziţiei întrefierului asupra caracteristicii de atracţie la un magnet dublu E, inegali.

Indiferent de forma circuitului magnetic, o importanţă deosebită pentru caracteristica de atracţie are poziţia întrefierului. Din figura 26 [29] (pentru tipul U) şi din figura 27 [26] (pentru tipul E) rezultă că cu cît întrefierul este mai aproape de baza bobinei, respectiv cu cît în poziţia iniţială armătura mobilă pătrunde mai mult în interiorul bobinei, caracteristica are o formă mai avantajoasă.

Remanenţa, deşi apare ca un fenomen paradoxal în cazul curentului alternativ, constituie un fapt real dăunător funcţionării contactoarelor. Pentru înlăturarea remanenţei, majoritatea constructorilor de contactoare au adoptat soluţia creării unui întrefier de 0,15—0,2 mm prin rectificare pe miezul central la magneţii în E sau pe polii activi la tipurile în U. Această soluţie se menţine însă numai pentru o durată relativ scurtă, deoarece cu timpul, din cauza uzurii mecanice, în regimul de frecvenţă de manevrare destul de ridicat la care funcţionează contactoarele suprafeţele polilor se nivelează şi remanenţa devine un defect „remanent".

Cea mai sigură soluţie, care se aplică însă deocamdată destul de rar, este introducerea unui întrefier permanent [28] în circuitul magnetic, de preferinţă pe armătura fixă, consolidarea celor două porţiuni de circuit magnetic separate în acest mod urmînd a se realiza prin tole laterale din oţel antimagnetic sau din alamă.

Din figura 28, în care sînt indicate cîteva forme de circuite magnetice cu întrefier permanent, rezultă încă un aspect pozitiv al tipului în U, care în acest caz se poate realiza din două tole egale în formă de L.

Regimul de lucru prin şocuri al sistemului electromagnetic impune adoptarea unor *construcţii mecanice* care să-i asigure stabilitate şi rezistenţă mecanică — lucru determinant în asigurarea duratei de serviciu corespunzătoare a aparatului.

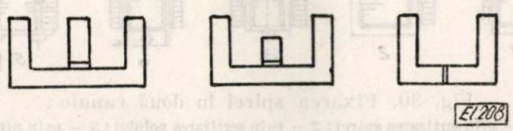


Fig. 28. Circuite magnetice cu întrefier permanent.

Printre multiplele soluţii care se impun sînt şi următoarele:

— Introducerea în fixarea mecanică, atît la magneţii cu mişcare de translaţie cît şi la cei cu

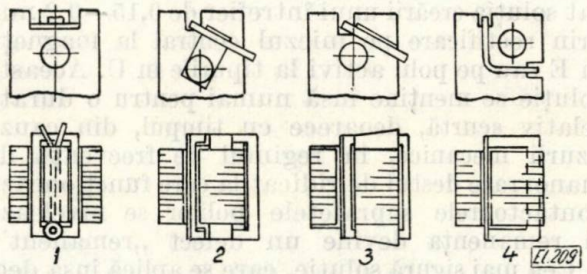


Fig. 29. Fixare liberă a spirei-ecran:
1 — prin cui spintecat; *2* — prin urechi lamelare; *3* — prin îndoirea tolei protectoare; *4* — prin îndoirea spirei.

mişcare de rotaţie, a dispozitivelor elastice (resoarte, garnituri din cauciuc etc.), care să absoarbă şocurile — la anclanşare — şi să împiedice reculul armăturii mobile la declanşare.

— Dimensionarea judicioasă a pieselor cu rol mecanic în vederea evitării deformării sau ruperii.

— Dimensionarea judicioasă a axelor şi barelor-suport, pentru a nu se deforma la montarea aparatelor pe panouri şi a nu provoca dereglarea mecanică.

— Utilizarea materialelor de calitate şi a şuruburilor bine dimensionate.

Trebuie menţionat că în cazul de solicitări mari — cum este cazul contactoarelor cu regim greu de lucru — unii constructori prevăd fixarea suporţilor miezurilor magnetice pe axul de rotaţie şi pe bara-suport prin sudură directă.

O problemă esenţială în funcţionarea contactoarelor o constituie spira-ecran. De felul în care se rezolvă problema, în special a montajului spirei-ecran pe polul circuitului magnetic, depinde durata de funcţionare corectă şi fără zgomot a sistemului magnetic.

Există o varietate mare de realizare a fixării spirei, fiecare caz în parte depinzînd şi de forma

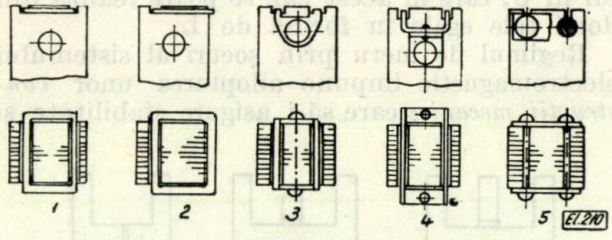


Fig. 30. Fixarea spirei în două canale:
1 — prin sertizarea spirei; *2* — prin sertizarea polului; *3* — prin nit; *4* — prin nituire pe urechi laterale; *5* — plăcuţe laterale nituite.

în care este executată spira. Din figurile 29, 30, 31, 32, 33 şi 34 se desprind atît formele cele mai variate în care se execută spirele-ecran, cît şi modurile de fixare pe polul miezului [30].

Spirele-ecran care se execută din materiale antimagnetice (cupru, alamă, aluminiu) cu rezistenţă mecanică redusă în raport cu aceea a oţelurilor sînt supuse unui regim foarte greu

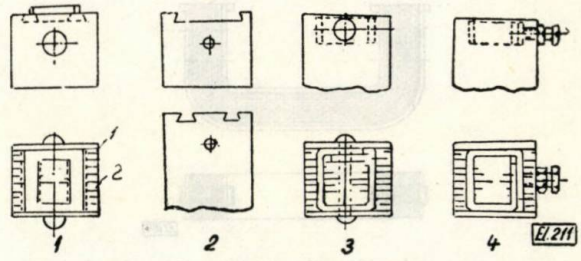


Fig. 31. Fixarea rigidă a spirei pe întregul perimetru:
1, 2 — presată în canal coadă de rîndunică; *3* — strînsă prin nituire; *4* — strînsă prin şurub cu contrapiuliţă.

de lucru, datorită şocurilor şi vibraţiilor mecanice. O serie de cercetări au dovedit totuşi că spira-ecran, pe lîngă solicitările mecanice

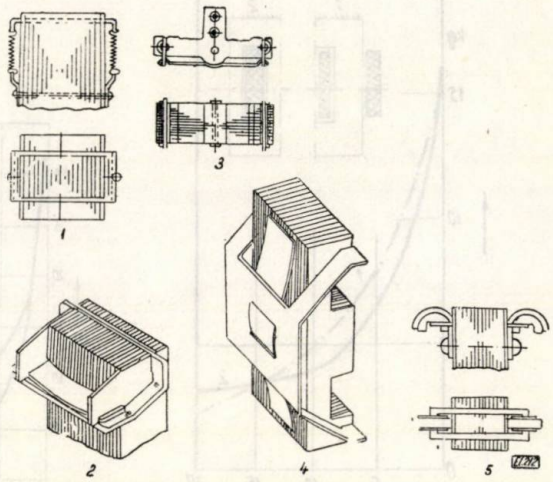


Fig. 32. Fixarea elastică a spirei-ecran:
1 — prin două resoarte cilindrice; *2* — prin resort lamelar; *3* — prin resort lamelar pentru două spire; *4* — prin resort lamelar pentru spiră dublă; *5* — prin cleme laterale cu garnituri elastice din cauciuc.

menţionate, este supusă şi unor eforturi electrodinamice.

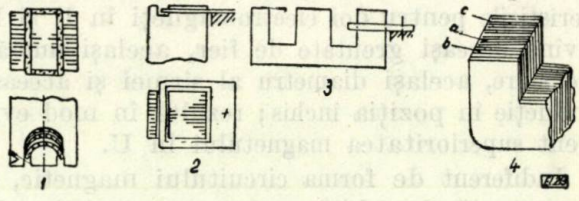


Fig. 33. Diverse moduri de realizare a spirei şi de fixare:
1 — spiră din conductor flexibil elastic; *2, 3* — spiră fixată separat de miez; *4* — sistem magnetic fără spiră (*a* — alamă; *b* — fier cu permeabilitate μ_1; *c* — fier cu permeabilitate μ_2).

Unii cercetători au pus în evidenţă acest fenomen, supunînd unui regim de manevrări — propriu-zis alimentării repetate — un circuit magnetic menţinut în mod mecanic în perma-

nență închis. Rezultatul a fost că după un anumit număr de asemenea impulsuri spira-ecran s-a rupt fără să fi suferit vreun șoc mecanic. Se presupune că ruperea s-ar fi produs datorită

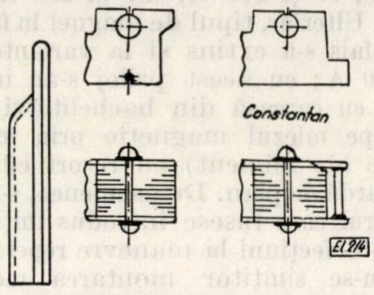


Fig. 34. Spire-ecran cu disipare de la căldură.

eforturilor electrodinamice. În orice caz, oricare ar fi cauzele ruperii spirelor-ecran, ele sînt o necesitate absolută a funcționării electromagneților monofazați, și de aceea se impune a se indica anumite soluții care să ofere cele mai bune rezultate. De aceea se recomandă:

— Indiferent de material (cupru, alamă, aluminiu), montarea elastică a spirelor-ecran pe podul magnetic cu ajutorul unor resoarte lamelare sau cilindrice (sîrmă coardă de pian) sau prin intermediul unor medii elastice (garnituri din cauciuc etc.).

— Montarea spirei-ecran astfel încît întreg perimetrul ei să se așeze pe polul magnetic, fără să rămînă porțiuni suspendate, fără suport.

— Executarea spirelor-ecran din țeavă sau, în cazul executării prin ștanțare din tablă, prevederea de racordări.

— Evitarea operației de îndoire a spirelor, care poate provoca încă de la execuție obosirea, strangularea sau fisurarea materialului.

— Evitarea cu desăvîrșire a montării spirelor-ecran pe armătura mobilă a circuitului magnetic.

În legătură cu bobinele electromagneților sînt necesare următoarele recomandări:

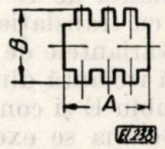
— Executarea bobinelor pe carcasă din bachelită.

— Fixarea elastică pe miezul magnetic.

— Impregnarea numai a bobinelor destinate lucrului pe contactoare cu regim greu de lucru (în instalațiile din siderurgie, în tracțiunea electrică etc.).

Tabela 1

Comparație între suprafețele de montaj ale diferitelor tipuri de contactoare realizate în străinătate

Curentul nominal	Suprafața ocupată la montaj $A \times B$  *a* — alternativ; *c* — continuu.										
	Klöckner	AEG	Siemens	ASEA	Schrak	BBC	FANAL	ACEC	Starkstrom	ESGO (R.D.G.)	MTS (R.S.C.)
4 (6)	—	49×57(a) 63×60(c) 4	43×60	—	—	54×54,5 (4)	69×99	—	—	—	—
10 (8,12)	43×54	63×60 (8)	68×68	—	—	—	69×99 (12)	—	70×70	—	—
16 (15)	—	81×80	—	—	—	—	90×130	80×86 (15A)	—	66×96 (15A)	—
25 (20,30)	91×90	102×102 (30)	85×100 (20)	100×108	—	74×73 (20) 80×90 (30)	90×130	—	85×130	95×123	—
40 (50)	—	139×150	160×161 (50)	120×188	130×189	103×110	110×210	140×140	—	112×133	—
63 (75,80)	101×176 (80)	156×170 (75)	195×201 (80)	—	160×200 (60)	119×130	110×210 (60)	—	—	—	220×280
100 (125)	176×251 (125)	156×170	204×221 (125)	150×200	180×320	—	146×265 (80—100)	—	—	215×222	260×320
200	230×320	199×220	212×245	—	—	—	146×300	—	—	215×222	300×400
400	272×344	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Cifrele înscrise în paranteză reprezintă valori nenormalizate ale curenților nominali.

4. *Forme constructive de contactoare în aer*

În tehnica actuală se întîlnesc diferite serii de contactoare în aer, realizate unele prin aplicarea principiilor constructive clasice, altele prin utilizarea unor soluții mai evoluate, mai moderne.

În general, toți constructorii au urmărit realizarea de serii cu gabarit cît mai redus, care să satisfacă exigențele și cerințele impuse de regulile tehnice în vigoare. În această ordine de idei, principiul actual de apreciere a construcțiilor de contactoare este acela după „*suprafața de montaj*" ocupată în funcționarea normală.

Potrivit principiului de apreciere după suprafața de montaj, în tabela 1 au fost înscrise comparativ dimensiunile diferitelor serii de contactoare în aer realizate de unele firme din străinătate mai reprezentative pentru tipurile constructive, respectiv pentru diferiți curenți nominali.

Primele tipuri de contactoare construite în țara noastră datează din perioada 1950—1952. Acestor construcții — la realizarea cărora s-au folosit documentații și experiența îndelungată a constructorilor sovietici — li s-au adus pe parcurs o serie de simplificări și îmbunătățiri.

Din prima serie de contactoare în aer, realizată în 1950, varianta de 10 A avea magnetul de tipul dublu E cu translație și contactele cu rupere dublă, iar variantele de 25, 100 și 200 A, executate pe placă izolantă din pertinax, aveau magnetul tot în dublu E și contactele cu rupere simplă pe fază. Bobina se execută la tipul de 10 A cu carcasa din bachelită, iar la celelalte tipuri — fără carcasă, înfășurată cu bandă de bumbac și impregnată. Camera de stingere era de tipul cu grătar deionic din plăci de fier, cuprate, în afară de tipul de 10 A, care avea numai pereți despărțitori.

Tipurile de contactoare din această serie au fost utilizate în diferite combinații de aparate, după cum urmează:

— tipurile de 10 și 25 A la primele panouri pentru mașini-unelte (panourile pentru freza universală);

— tipul de 100 A la prima variantă de contactor automat AG 60 și la cutiile cu inversoare pentru poduri rulante;

— tipul de 200 A la cutia cu contactor de 200 A pentru poduri rulante.

Căile de curent și camerele de stingere au fost utilizate la întreruptoarele pentru tablouri capsulate.

Nivelul redus al comportării la uzură electrică și mecanică, în comparație cu gabaritul mare, greutatea și consumul mare de materiale, a necesitat trecerea, o dată cu asimilarea seriei unitare de contactoare automate în aer tip DITA (25, 60, 100 și 200 A), la proiectarea unei serii noi de contactoare în aer. Caracteristică pentru noua serie de contactoare este eliminarea plăcii-suport din pertinax și realizarea sub formă de elemente monofazate montate pe o bară-suport. La această serie s-a prevăzut tipul de electromagnet în T pentru variantele de 10, 25, 60 și 100 A, iar la 200 A în E, cu braț fals. Ulterior, tipul de magnet în formă de E cu braț fals s-a extins și la variantele de 25, 60 și 100 A; cu acest prilej s-au introdus și bobinele cu carcasă din bachelită și cu fixare elastică pe miezul magnetic prin intermediul unor bile (de rulment) cu resort cilindric din sîrmă coardă de pian. De asemenea, s-a eliminat amortizorul care fusese introdus inițial și care provoacă defecțiuni la manevre repetate, îmbunătățindu-se simțitor montarea mecanică a miezului fix pe bara-suport. Totodată s-a îmbunătățit asamblarea miezului mobil pe suportul mobil prin introducerea unor resoarte amortizoare.

Așa cum s-a arătat, prin redimensionarea căilor de curent și prin îngroșarea lamelelor grătarului deionic din varianta de 10 A cu translație s-a realizat varianta de 25 A, 380 V, iar din varianta de 25 A cu rotație s-a obținut varianta de 160 A cu rotație.

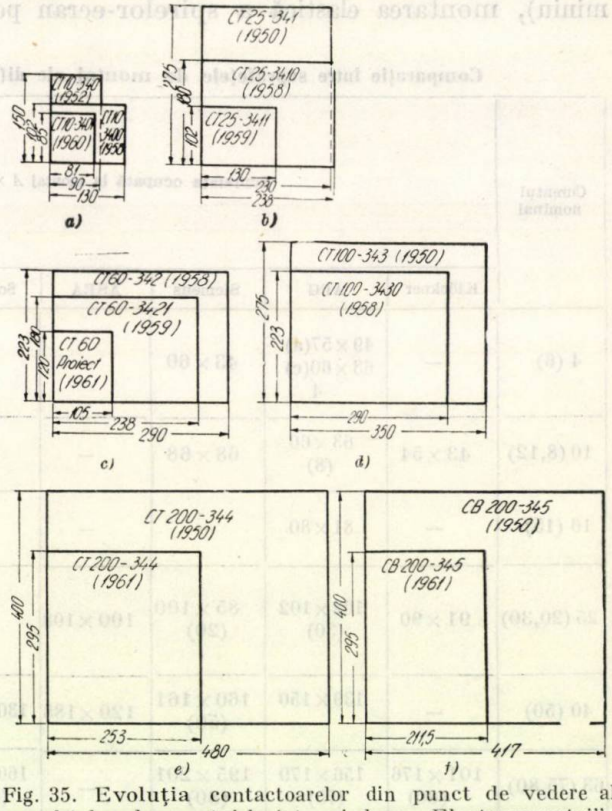


Fig. 35. Evoluția contactoarelor din punct de vedere al suprafețelor de montaj la întreprinderea „Electroaparataj": *a* — contactoare tripolare de 10 A; *b* — contactoare tripolare de 25 A; *c* — contactoare tripolare de 60 A; *d* — contactoare tripolare de 100 A; *e* — contactoare tripolare de 200 A; *f* — contactoare bipolare de 200 A.

Perfecționările constructive aduse acestei serii, generalizarea fixării elastice a bobinei și a spirei-ecran prin bile, respectiv prin resort, cît și realizarea noului tip de contactor de 10 A, din construcția căruia s-au eliminat toate șuru-

burile cu rol mecanic, reprezintă o aplicare judicioasă a principiilor constructive enunțate.

Problemele care mai trebuie rezolvate sînt : introducerea contactelor placate cu argint sau

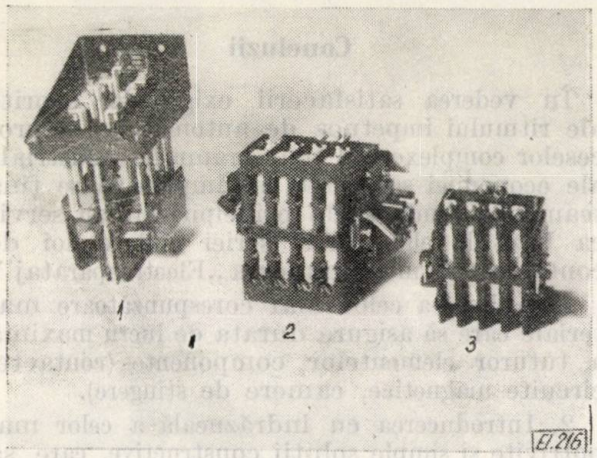


Fig. 36. Evoluția constructivă a contactorului de 10 A : *1* – CT 10–340 ; *2* – CT 10–3 400 ; *3* – CT 10–3 411.

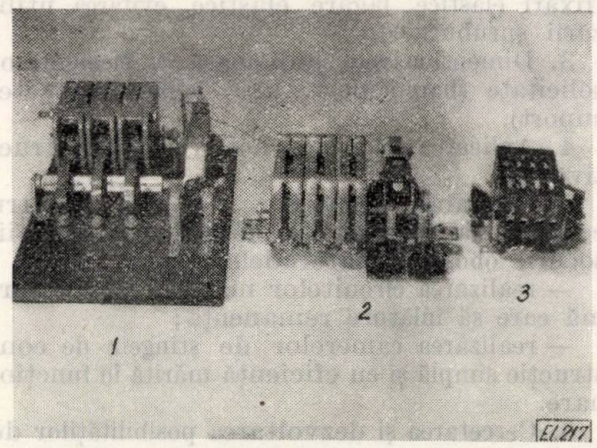


Fig. 37. Evoluția constructivă a contactorului de 25 A : *1* – CT 25–341 ; *2* – CT 25–3 410 ; *3* – CT 25–3 411.

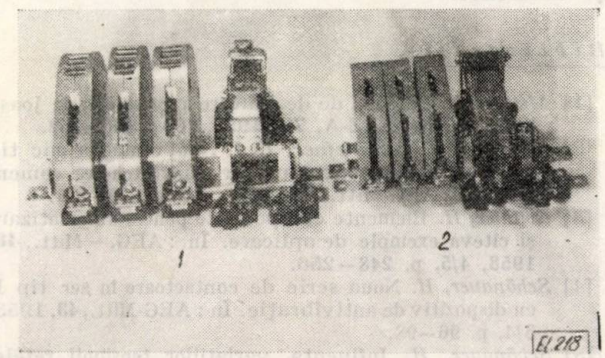


Fig. 38. Evoluția constructivă a contactorului de 60 A : *1* – CT 60–342 ; *2* – CT 60–3 421.

cu aliaje de argint, cu o duritate de minimum 60 HB, utilizarea flexibililor din liță foarte flexibilă, calitatea „tare", avînd firele cu diametru de maximum 0,05 mm, și înlocuirea pereților camerelor de stingere din azbociment cu camere din șamotă electrotehnică, fibră sau alte

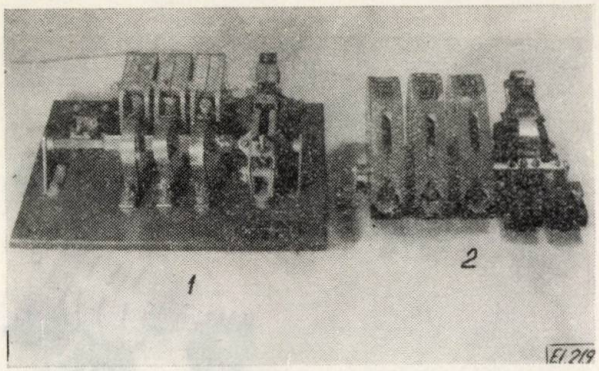


Fig. 39. Evoluția constructivă a contactorului de 100 A : *1* – CT 100 – 343 ; *2* – CT 100–3 430.

materiale corespunzătoare. Lucrările corespunzătoare au trecut prin fazele de cercetare și se află în curs de asimilare.

Examinînd schemele din figura 35, în care sînt redate numai suprafețele de așezare la

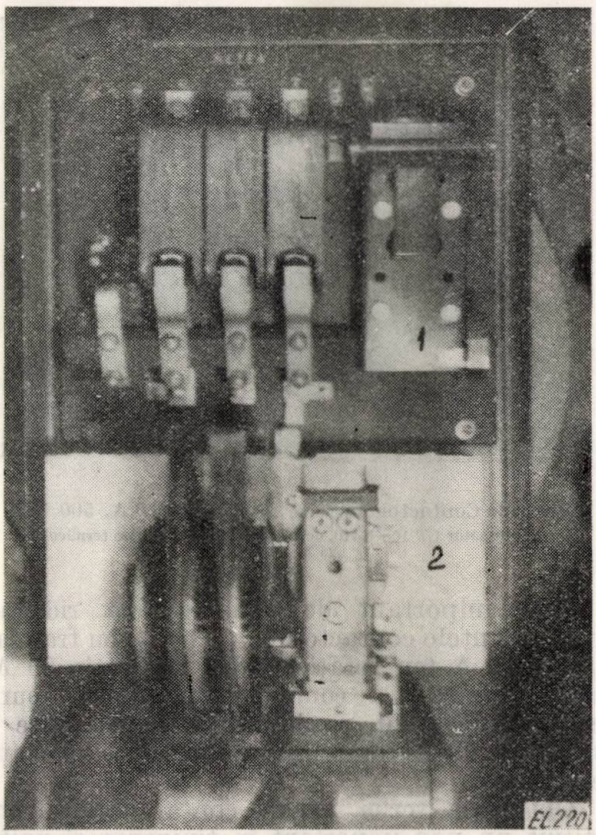


Fig. 40. Evoluția constructivă a contactorului de 200 A : *1* – CT 200–344 ; *2* – CT 200–3 440.

montaj, în comparație cu figurile 36, 37, 38, 39 și 40, se obține imaginea evoluției constructive

a contactoarelor în țara noastră. În figura 41 este înfățișată seria unitară cu tipurile existente în fabricație la întreprinderea „Electroaparataj" cu excepția tipului nou, de 10 A, care este în curs de asimilare.

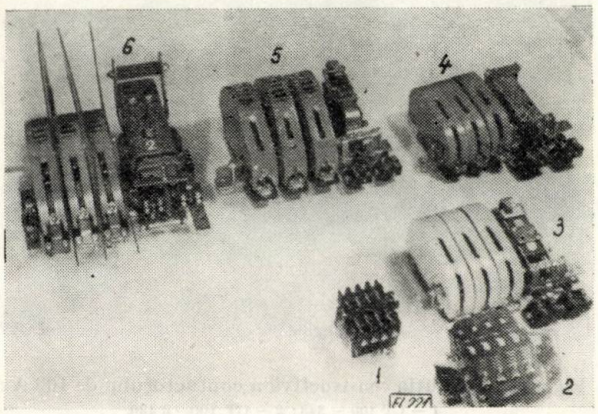


Fig. 41. Seria unitară de contactoare din fabricația curentă la întreprinderea „Electroaparataj" :
1 – CT 10–3 401, cu translație, de 10 A, 500 V; *2* – CT 10–3 400, cu translație, de 10 A, 500 V; *3* – CT 25–3 411, cu translație, de 25 A, 380 V; *4* – CT 25 – 3 410, cu rotație, de 25 A, 500 V; *5* – CT 60–3 421, cu rotație, de 60 A, 500 V; *6* – CT 100–3 430, cu rotație, de 100 A, 500 V; *7* – CT 200–3 441, cu rotație, de 200 A, 500 V.

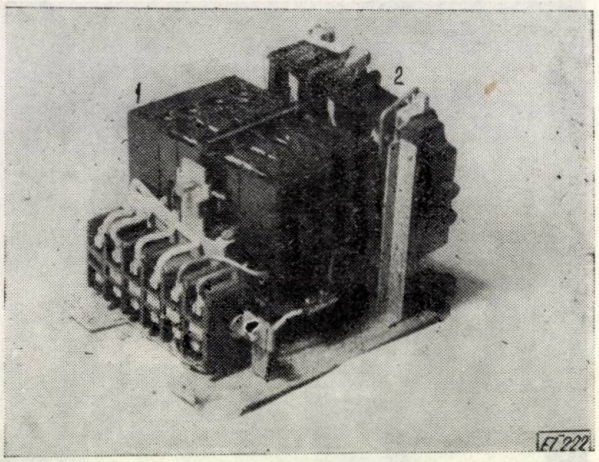


Fig. 42. Contactor cu relee termice de 10 A, 500 V :
1 – contactor CT 10–3 410, de 10 A; *2* – bloc de relee termice de 25 A, 3 650.

Este important de remarcat că ridicînd performanțele contactorului de 10 A (cu translație) și 25 A (cu rotație) la 25, respectiv 60 A, seria unitară s-a completat cu două tipuri, ceea ce a sporit posibilitățile de realizare a schemelor de automatizare a diverselor instalații electrice.

Obținerea seriei noi de contactoare a constituit un pas important în tipizarea și unificarea multiplelor combinații și panouri de comandă, contribuind la realizarea într-o formă mai compactă și cu o linie modernă, la nivelul tehnicii actuale. Astfel, derivînd din seria unitară de întreruptoare automate în aer tip DITA, ele au concurat la elaborarea noilor serii unitare de contactoare automate antigrizutoase, de contactoare stea-triunghi automate în aer, de noi echipamente pentru poduri rulante, ascensoare, macarale, mașini-unelte etc.

Concluzii

În vederea satisfacerii exigențelor sporite ale ritmului impetuos de automatizare a proceselor complexe din toate ramurile industriale ale economiei socialiste, se impune să se țină seamă de următoarele principii care au servit ca bază la elaborarea seriei unitare noi de contactoare la întreprinderea „Electroaparataj".

1. Aplicarea celor mai corespunzătoare materiale care să asigure durata de lucru maximă a tuturor elementelor componente (contacte, circuite magnetice, camere de stingere).

2. Introducerea cu îndrăzneală a celor mai potrivite și simple soluții constructive, care să asigure un montaj simplu, ansambluri compacte, gabarite reduse și economice, productivitate ridicată și întreținere lesnicioasă în exploatare (fixări elastice, lagăre elastice, evitarea utilizării șuruburilor).

3. Dimensionarea judicioasă a elementelor solicitate (bare-suport, axe, lagăre, contacte-suport).

4. Aplicarea celor mai noi principii constructive în :

– realizarea schemelor cinematice pentru combaterea fenomenelor dăunătoare (vibrații, șocuri, obosirea materialelor);

– realizarea circuitelor magnetice într-o formă care să înlăture remanența;

– realizarea camerelor de stingere de construcție simplă și cu eficiență mărită în funcționare.

5. Cercetarea și dezvoltarea posibilităților de perfecționare a tipurilor existente și elaborarea de noi soluții cu performanțe mai ridicate, cu piese avînd rol multiplu în funcționare, tipizate și unificate.

Bibliografie

[1] *Metzger, F.* Căile noi de dezvoltare a aparatelor de joasă tensiune. În : ETZ-A, **78**, 1957, 10, p. 345–352.

[2] *Eichler, C. T.* și *Schiefner, U.J.* Noul contactor mic tip L4, element component unitar pentru tehnica comenzilor. În : AEG-Mitt., **48**, 1958, 4/5, p. 229–231.

[3] *Gotthier, H.* Elemente componente pentru automatizare și cîteva exemple de aplicare. În. : AEG. – Mitt., **48**, 1958, 4/5, p. 248–256.

[4] *Schönauer, H.* Noua serie de contactoare în aer tip L cu dispozitiv de antivibrație. În : AEG-Mitt., **43**, 1953, 3/4, p. 96–98.

[5] *Schönauer, H.* Influența variațiilor tensiunii rețelei asupra aparatelor de conectare comandate la distanță. În. AEG-Mitt., **48**, 1958, 4/5, p. 225–229.

[6] *Schönauer, H.* Contactoare în aer tip L, cu piese de contact cu durată de serviciu mărită. În : AEG-Mitt., **48**, 1958, 4/5, p. 223–224.

[7] *Enger, E.* și *Darie, R.* : Contactoare cu rezistență mărită la uzură. În : Electrotehnica, **10**, 1961, 8, p. 273–280.

[8] *Avramescu, A., Barbu, I.* şi *Fugaru, C.*: Alegerea materialului de contact electric. În: Electrotehnica, **8**, 1960, 12, p. 426–436.
[9] *Fugaru, C.* şi *Barbu, I.*: Tehnologia contactelor sinterizate folosite la aparatajul de joasă tensiune. În: Electrotehnica, **9**, 1961, 10, p. 367–371.
[10] *Domşa, A. Müller, C., Beresky, T.* ş.a.: Cercetări asupra elaborării pieselor de contact sinterizate, pentru circuite electrice. În: Studii şi cercetări metalurgice, Acad. R.P.R., **3**, 1958, 4, p. 491–503.
[11] *Altman, A. B.* şi *Melasenko, I.*: Metalokeramiceskie materiali dlia elektriceskih kontaktov. În: Elektricestvo, **76**, 1955, 1, p. 25–28.
[12] *Vambieresky, A.*: Hovej jpekanych materialu pro contakty. În: Electrotechnicky Obzor, **6**, 1952, p. 272–281.
[13] *Lottmann, G.*: Grundbegriffe und Geräte der Steuerungstechnik Teil **II**. În: Der Elektro-Praktiker, **15**, 1961, 4, p. 137–140.
[14] *Predoiu, A. C.*: Cinematica şi dinamica sistemului de contact la contactoare. În: Electrotehnica, **4**, 1955, 2–3, p. 79–86.
[15] *Rüdenberg, R.*: Fenomene tranzitorii în sistemele electroenergetice (traducere din limba engleză), Ed. tehnică, Bucureşti, 1959.
[16] *Franken, H.*: Schütze und Schützensteuerungen, Springer Verlag, Berlin, 1959.
[17] *Bron, O. B.*: Elektriceskaia duga v apparatah upravleniia. În: Gosenergoizdat, Moskva-Leningrad, 1955.
[18] *Cosmin, Gh.*: Suflajul magnetic la întreruptorii în aer. În: Electricitatea, **3**, 1952, 3, p. 30–35.
[19] *Predoiu, C. A.*: Studiul cu ajutorul oscilografului şi fotografierii rapide a procesului de stingere a arcului electric la aparatele de joasă tensiune. În: Electrotehnica, **V**, 1957, 11, p. 375–382.
[20] *Predoiu, A. C.*: Autosuflajul magnetic şi aplicaţiile lui în aparatele electrice de comandă de joasă tensiune. În: Electrotehnica, 1955, 9, p. 393–403.
[21] *Fabrizii, D.*: Interruttore „Solenarc" in aria per AT. În: Elettrotecnica, **41**, 1954, 3, p. 187–191.
[22] *Huhulescu, M.*: Aparate noi pentru macarale electrice. În: Electrotehnica, **9**, 1961, 1, p. 25–34.
[23] *Huhulescu, M.*: Tendinţe moderne în construcţia aparatelor electrice antigrizutoase. În: Electrotehnica, **7**, 1959, 12, p. 428–435.
[24] *Cosmin, Gh.*: Determinarea dimensiunilor optime ale electromagneţilor de curent alternativ monofazat. În: Electrotehnica, **8**, 1960, 11, p. 379–385.
[25] *Saharov, P.V.* şi *Pekker, I.I.*: Comparaţia sistemelor electromagnetice rectilinii a contactoarelor de curent alternativ. În: Vestnik Elektropromîşlennost, **20**, 1949, 4, p. 18–24.
[26] *Rjiha, V.*: Starkstromtechnik, Ernst, Berlin, 1959.
[27] *Miheev, F.D.* şi *Moghilnikov, V.S.*: K raşciotu elektromagnita s korotkozamknutîm vitkom pri postoiannom potokosteplenii. În: Elektricestvo, **76**, 1952, 9, p. 3–6.
[28] *Careson, J. E.*: Nouveaux contacteurs pour 25–100 A. În: ASEA Rev. **31**, 1959, 4, p. 75–80.
[29] *Friderich, H.* şi *Schlager, R*: Wechselstrom-Luftschütze mit geringer Schattgeschwindigkeit. În: ETZ–B, **12**, 1960, H, 23, p. 566–570.
[30] *Sevcenko, S.M.*: Dolgovecinosti korotkozamknutovo vitka magnitnih sistem kontaktorov peremenovo toka. În: Vestnik Elektropromîşlennosti **32**, 1961, 11, p. 51–54.
[31] *Steinberg, C.*: Calculul spirei în scurtcircuit. Probleme şi realizări electrotehnice, 23–31. Întreprinderea poligrafică, Craiova, 1957.
[32] *Steinberg, C., Ionescu, C.* şi *Panaite, V.*: Studiul experimental al repartiţiei şi defazajului fluxurilor în circuite magnetice ramificate. Ed. Inst. tehnic, Craiova, 1957.
[33] *Steinberg, C., Rădulescu, V.* şi *Cosmin, Gh.*: Teoria şi proiectarea aparatelor electrice. Litografia Ministerului Învăţămîntului, Bucureşti, 1958.
[34] *Steinberg, C.* şi *Panaite, V.*: Pulsaţia forţei de atracţie la electromagneţii monofazaţi. În: Electrotehnica, **7**, 1959, 12, p. 435–443.

Măsurarea puterii aparente în sisteme mono- şi trifazate cu generator Hall *

David Fränkel şi Ioan De Sabata ** – Timişoara

Se propune o metodă originală de măsurare a puterii aparente în sisteme mono- şi trifazate, prin intermediul componentelor alternative ale tensiunii unor generatoare Hall. Metoda este mai exactă şi mai simplă decît cele descrise în literatură.

CZ. 621.317.382; 538.632

În legătură cu stabilirea tarifului de energie electrică, în literatură se subliniază utilitatea măsurării puterii aparente, definită în sisteme trifazate sub forma:

$$S = \sqrt{(\sum_{k=1}^{3} P_k)^2 + (\sum_{k=1}^{3} Q_k)^2}, \qquad (1)$$

unde P_k este puterea activă, iar Q_k puterea reactivă a fazei k.

Spre exemplu, în lucrarea [1] se spune: „dacă majoritatea tarifelor nu se bazează însă pe puterea aparentă, aceasta se datoreşte numai faptului că ea nu poate fi măsurată decît dificil, sau măsurarea ei necesită aparate complicate".

În diverse ţări s-au depus eforturi pentru elaborarea unor metode de măsurare a puterii, respectiv a energiei aparente. Una din metode [2] se bazează pe redresarea şi netezirea curentului alternativ aplicat unuia din circuitele wattmetrului electrodinamic, celuilalt circuit aplicîndu-i-se tensiunea redresată. O a doua metodă [3] foloseşte forma cosinusoidală a dependenţei cuplului activ la contoarele cu inducţie de unghiul φ de defazare dintre tensiune şi curent – $M = M_m \cos(\varphi + \alpha)$ – unde α este un unghi reglabil depinzînd de parametrii contorului. Pentru $\varphi \leqslant 20°$ şi $\alpha = 0$, $\cos\varphi \geqslant 0{,}94$, deci eroarea cu care contoru

* Lucrarea a fost prezentată la Sesiunea de comunicări ştiinţifice a cadrelor didactice din Timişoara, în anul 1959.

** Ing. D. FRÄNKEL este conferenţiar la Institutul politehnic din Timişoara şi ing. I. DE SABATA este şef de lucrări la acelaşi institut.

măsoară energia aparentă monofazată este sub 6%. Prin micşorarea cuplului rezistent, menţinîndu-se aceeaşi constantă la instrument, se obţine o eroare de ± 3%, pentru φ cuprins între ± 20°. Pentru ca instrumentul să poată

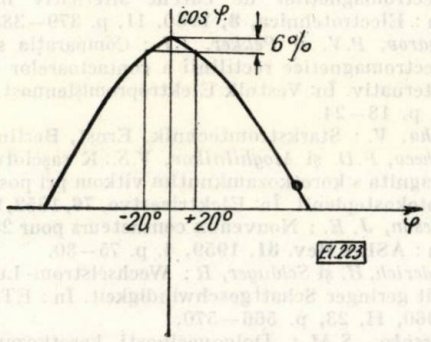


Fig. 1. Dependenţa cuplului contoarelor cu inducţie în funcţie de unghiul de defazaj φ.

fi folosit într-un domeniu mai larg de variaţie a unghiului φ, s-au imaginat contoare cu mai multe sisteme de măsură al căror cuplu activ să-şi obţină valoarea maximă pentru diferite valori ale lui φ — alegîndu-se potrivit unghiul φ — şi care să acţioneze asupra aceluiaşi sistem mobil. Pe cale mecanică se asigură ca asupra sistemului mobil să acţioneze în fiecare moment numai cuplul cel mai mare. O a treia metodă [4] constă în însumarea geometrică a vitezelor de rotaţie a discurilor unui contor de energie activă şi a unuia de energie reactivă. Sistemul mecanic de însumare geometrică este însă dificil de realizat. De menţionat este că numai ultima din metodele amintite poate fi aplicată sistemelor trifazate cu încărcări nesimetrice.

În cele ce urmează se arată că folosind generatoare Hall, se poate măsura, simplu şi cu precizie suficientă, puterea aparentă în regimul sinusoidal monofazat şi în cel trifazat cu trei conductoare şi tensiuni de linie simetrice.

Principiu şi scheme de măsurare a puterii aparente cu generatorul Hall

Tensiunea în gol, U_{h_0}, la bornele generatorului Hall este

$$U_{h_0} = C_0\, i_c\, B \text{ volt}, \qquad (2)$$

unde

i_c este curentul de comandă ce trece prin placa semiconductoare, în A;

B — inducţia magnetică normală pe suprafaţa plăcii, în Tesla;

C_0 — un factor ce depinde de materialul şi dimensiunile plăcii, de inducţia magnetică şi de temperatură, precum şi de dimensiunile contactelor Hall [7].

Dacă în sistemul monofazat sinusoidal se realizează o inducţie magnetică B proporţională cu valoarea momentană a curentului din consumator, i, $B = k_i \cdot i = k_u\, i_m \sin(\omega t - \varphi)$ şi un curent de comandă i_c proporţional cu valoarea momentană a tensiunii la bornele circuitului de utilizare: $i_c = k_u\, u = k_u \cdot u_m \sin \omega t$, tensiunea Hall în gol are expresia:

$$U_{h_0} = k\, i\, u = k\,[UI\cos\varphi - UI\cos(2\omega t - \varphi)], \qquad (3)$$

unde

$$k = C_0\, k_i\, k_u.$$

U şi I sînt valorile efective ale tensiunii şi curentului.

Se observă că amplitudinea componentei alternative este proporţională cu puterea aparentă: $S = UI$. Ea poate fi măsurată separînd-o de componenta continuă printr-un condensator în serie sau printr-un transformator.

Pentru a stabili schema de măsurare a puterii aparente în sisteme trifazate cu trei conductoare şi tensiuni de linie simetrice, se porneşte de la expresia ei în planul complex:

$$\mathcal{S} = \overline{\mathcal{U}_1}\,\mathcal{I}_1 + \overline{\mathcal{U}_2}\,\mathcal{I}_2 + \overline{\mathcal{U}_3}\,\mathcal{I}_3, \qquad (4)$$

în care $\mathcal{U}_k = U_k\, e^{j\alpha_k}$, respectiv $\mathcal{I}_k = I_k\, e^{j(\alpha_k - \varphi_k)}$ ($k = 1, 2, 3$) sînt tensiunile şi curenţii de fază, în reprezentarea complex simplificată, iar $\overline{\mathcal{U}_k}$ este conjugata lui $\mathcal{U}_k$; se ţine seamă de relaţiile:

$$\mathcal{I}_1 + \mathcal{I}_2 + \mathcal{I}_3 = 0, \qquad (5)$$

$$\mathcal{U}_1 = \mathcal{U}_{d_1} + \mathcal{U}_0;\ \mathcal{U}_2 = \mathcal{U}_{d_2} + \mathcal{U}_0 \text{ şi } \mathcal{U}_3 = \mathcal{U}_{d_3} + \mathcal{U}_0, \qquad (6)$$

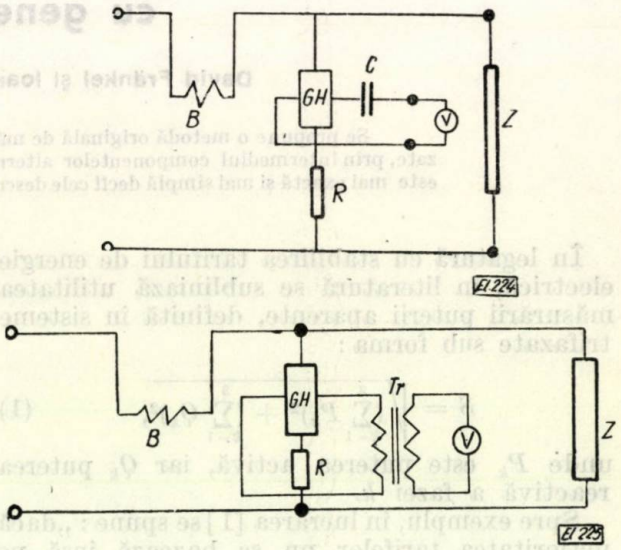


Fig. 2. Măsurarea puterii aparente în sisteme monofazate.

unde

U_0 este componenta monopolară,

$U_{dk} = V_{dk}\, e^{j\alpha_{dk}}$ — componentele directe ale tensiunilor de fază.

Reprezentînd componenta directă a tensiunii primei faze pe axa reală, deci alegînd $\alpha_{d_1} = 0$, rezultă $\alpha_{d_2} = -120°$, $\alpha_{d_3} = 120°$, şi deci

$$\overline{\mathcal{U}}_{d_1} = \mathcal{U}_{d_1}; \quad \overline{\mathcal{U}}_{d_2} = \mathcal{U}_{d_3} \text{ şi } \overline{\mathcal{U}}_{d_3} = \mathcal{U}_{d_2}. \quad (7)$$

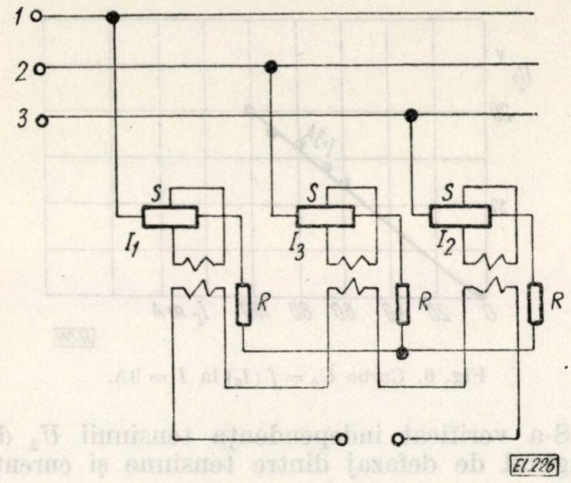


Fig. 3. Schema de măsurare a puterii aparente în sistem trifazat cu trei generatoare Hall.

Cu relaţiile (5) (6) şi (7), expresia (4) poate fi transformată în :

$$\mathcal{S} = \overline{\mathcal{U}}_{d_1}\mathcal{I}_1 + \overline{\mathcal{U}}_{d_2}\mathcal{I}_2 + \overline{\mathcal{U}}_{d_3}\mathcal{I}_3 = \mathcal{U}_{d_1}\mathcal{I}_1 + \mathcal{U}_{d_3}\mathcal{I}_2 + \mathcal{U}_{d_2}\mathcal{I}_3. \quad (8)$$

Aşadar, puterea aparentă este egală cu modulul sumei a trei numere complexe avînd modulii, respectiv $U_{d_1} I_1$, $U_{d_3} I_2$, $U_{d_2} I_3$ şi argumentele, φ_{d_1}; $-\varphi_{d_2}$; $-\varphi_{d_3}$ reprezentînd unghiurile de defazare dintre $\mathcal{U}_{\alpha k}$ şi I_k. Cu ajutorul a trei generatoare Hall se pot obţine trei tensiuni sinusoidale avînd amplitudinile egale cu cei trei moduli şi defazări corespunzătoare. Într-adevăr, dacă curenţii de comandă a trei generatoare Hall sînt proporţionali respectiv cu valorile momentane ale componentelor directe ale tensiunilor de fază u_{d_1}, u_{d_3} şi u_{d_2}, iar inducţiile magnetice sînt proporţionale cu valorile momentane ale curenţilor i_1, i_2şi i_3, componentele alternative ale tensiunilor Hall sînt :

$$KU_{d_1} I_1 \cos(2\omega t - \varphi_{\alpha_1}); \; KU_{d_3} I_2 \cos(2\omega t - \varphi_{\alpha_2})$$

şi

$$KU_{\alpha_2} I_3 \cos(2\omega t - \varphi_{\alpha_3}),$$

deci amplitudinea sumei acestora este proporţională cu puterea aparentă.

Orice schemă ce rezultă prin modificarea expresiei (8) cu ajutorul relaţiilor (5) şi (6) este de asemenea adecvată măsurării puterii aparente.

Spre exemplu, relaţia (8) se poate pune sub forma :

$$\mathcal{S} = \mathcal{U}_{d_1}\mathcal{I}_1 + \mathcal{U}_{d_3}\mathcal{I}_2 + \mathcal{U}_{d_2}\mathcal{I}_3 + \mathcal{U}_0(\mathcal{I}_1 + \mathcal{I}_2 + \mathcal{I}_3) = \mathcal{U}_1\mathcal{I}_1 + \mathcal{U}_3\mathcal{I}_2 + \mathcal{U}_2\mathcal{I}_3, \quad (9)$$

sau, folosind relaţia $\mathcal{I}_3 = -\mathcal{I}_1 - \mathcal{I}_2$,

$$\mathcal{S} = (\mathcal{U}_1 - \mathcal{U}_2)\mathcal{I}_1 + (\mathcal{U}_3 - \mathcal{U}_2)\mathcal{I}_2 = \mathcal{U}_{12}\mathcal{I}_1 + \mathcal{U}_{32}\mathcal{I}_2 \quad (10)$$

Schema bazată pe ultima relaţie are avantajul că necesită numai două generatoare Hall.

Încercări experimentale

Măsurătorile în sistem monofazat s-au efectuat realizînd schema din figura 4.

Inducţia magnetică proporţională cu curentul s-a obţinut cu ajutorul înfăşurării B de 100 spire, plasată pe un miez de permalloy prevăzut cu un întrefier de 1 mm în care se introduce generatorul. Alimentînd generatorul aşezat în întrefier cu un curent de comandă continuu, curentul din bobină fiind alternativ, s-a constatat, cu ajutorul oscilografului, că tensiunea Hall şi inducţia magnetică sînt practic sinusoidale. Tot la oscilograf s-a stabilit că nu există o defazare sesizabilă între curentul din bobină şi inducţia magnetică din întrefier.

Curentul de comandă i_c s-a făcut proporţional cu tensiunea la borne μ, cu ajutorul rezistenţelor $R = 2\,160\ \Omega$ şi $R_c = 40\ \Omega$.

Generatorul GH a fost confecţionat din InSb, elaborat de Institutul de cercetări metalurgice al Academiei R.P.R., colectivul de semiconductoare, şi are dimensiunile 3,05 × 1,58 × × 0,3 mm³, constanta Hall 372 cm³/Cb, iar rezistivitatea $\rho = 1{,}53 \cdot 10^{-2}\ \Omega$ cm.

Contactele Hall realizate n-au fost echipotenţiale ; în lipsa inducţiei magnetice, curentul de comandă a stabilit între ele o cădere ohmică (tensiunea nulă). Ea a fost compensată prin intermediul rezistenţelor $R_{c_2} = 8\,000\ \Omega$ şi R_{c_1}.

Separarea componentelor alternative s-a efectuat cu transformatorul Tr, confecţionat cu miez din permalloy, raportul de transformare $\frac{W_1}{W_2} = \frac{100}{1\,000} = \frac{1}{10}$, impedanţa primară de mers în gol, la frecvenţa tensiunii Hall de 100 Hz $Z_{10} = 63\ \Omega$.

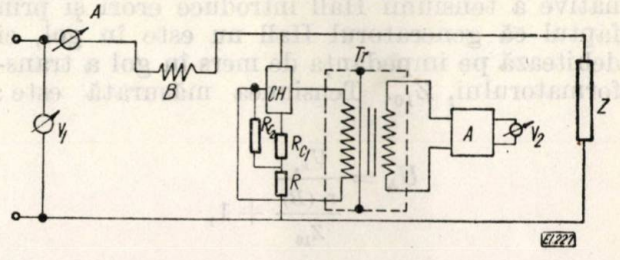


Fig. 4. Schema instalaţiei experimentale aplicată la măsurarea puterii aparente în sistem monofazat.

Tensiunea secundară a transformatorului a fost amplificată cu un amplificator electronic în două etaje. Ca instrument de măsură s-a folosit un voltmetru magnetoelectric cu re-

dresor, clasa 1,5, avînd rezistența interioară în curent alternativ de 1 000 Ω pro volt.

Sursele de erori care pot afecta componenta alternativă a tensiunii Hall sînt: t.e.m. indusă în circuitul Hall de inducția magnetică variabilă în timp din întrefier și tensiunea nulă a cărei compensare poate fi influențată de variația rezistenței generatorului cu inducția magnetică și cu temperatura. În instalația realizată, tensiunea electromotoare indusă a fost compensată printr-o spiră legată în serie cu circuitul Hall și introdusă astfel, în același întrefier cu generatorul, încît tensiunea electromotoare indusă în ea să fie egală și în opoziție de fază cu cea din circuitul Hall. În ce privește tensiunea nulă, schema de compensare aleasă asigură o compensare perfectă, independentă de temperatură și inducție [11].

Variația constantei Hall cu temperatura, prin scheme adecvate, poate fi compensată [7], dar, experiențele fiind efectuate la temperatură constantă, ele n-au fost utilizate.

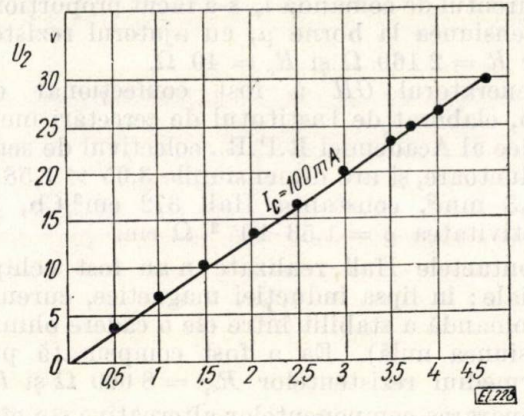


Fig. 5. Curba $U_2 = f(I)$ la $I_c = 100$ mA.

Limita superioară a inducției magnetice, de 5,51 Tesla, s-a ales astfel încît să fie neglijabilă variația constantei Hall cu inducția.

Schema de măsurare a componentei alternative a tensiunii Hall introduce erori și prin faptul că generatorul Hall nu este în gol, ci debitează pe impedanța de mers în gol a transformatorului, Z_{10}. Tensiunea măsurată este:

$$U_h = \frac{U_{h_0}}{\frac{r_t(B)}{Z_{10}} + 1},$$

unde $r_t(B)$ este rezistența transversală a generatorului între contactele Hall, dependentă de inducția megnetică B. În limitele alese pentru inducția megnetică, variația lui $r_t(B)$ este neglijabilă (0,2 Ω), deci raportul U_h/U_{h_0} este practic constant.

În figurile 5 și 6 se dau curbele $U_2 = f(I)$ la $I_c = 100$ mA, și $U_2 = f(I_c)$ la $I = 3$ A, ridicate experimental. U_2 este tensiunea la ieșirea amplificatorului. Eroarea raportată este sub 2%.

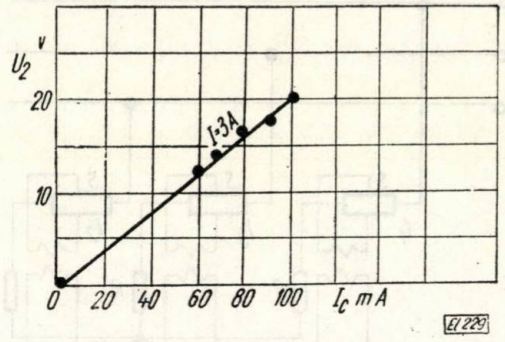


Fig. 6. Curba $U_2 = f(I_c)$ la $I = 3$A.

S-a verificat independența tensiunii U_2 de unghiul de defazaj dintre tensiune și curent.

S-au efectuat experiențe și în sistem trifazat, pe baza schemei date de relația (10) (fig. 7). Cele două generatoare Hall și cele două transformatoare, nefiind identice, s-au reglat curenții de comandă i_{c_1} și i_{c_2}, astfel încît la tensiuni identice alpicate circuitelor de comandă și la curenți identici prin bobinele B_1 și B_2 tensiunile din secundarele celor două transformatoare să fie egale.

Compunerea corectă a componentelor alternative ale celor două tensiuni Hall presupune

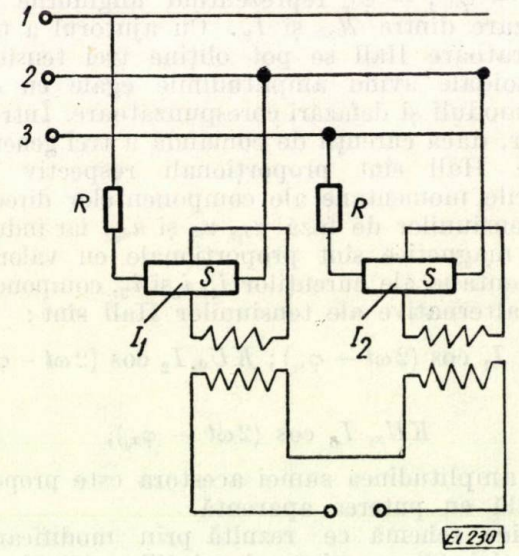


Fig. 7. Schema instalației experimentale de măsurare a puterii aparente în sistem trifazat cu două generatoare Hall.

că cele două transformatoare nu introduc defazări diferite. Lipsa unor defazări inegale s-a verificat punînd cele două sonde în condiții identice și conectînd în opoziție secundarele

transformatoarelor. Tensiunea rezultantă a fost practic nulă.

Puterea aparentă s-a măsurat în cîteva cazuri particulare, alese astfel încît rezultatele să poată

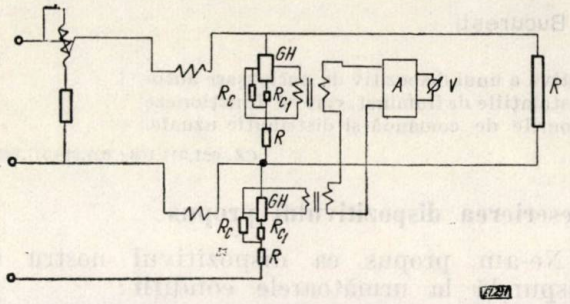


Fig. 8. Schema pentru verificarea metodei de măsurare a puterii aparente în cazul unui sistem trifazat neechilibrat.

fi verificate uşor cu wattmetrul. Spre exemplu, s-a realizat schema din figura 8. Puterea aparentă măsurată cu generatoarele Hall a fost 763 VA, iar puterea activă egală cu puterea aparentă indicată de wattmetru a fost 765 W. Încercarea, deşi efectuată într-un caz particular, este concludentă, deoarece cele două tensiuni Hall sînt defazate între ele cu un unghi de 120° (fig. 9, *a* şi *b*). S-a verificat că tensiunile la cele două transformatoare sînt egale între ele şi egale cu suma lor, iar diferenţa lor este de 1,72 ori mai mare.

Erorile raportate la celelalte încercări au rămas sub 2%.

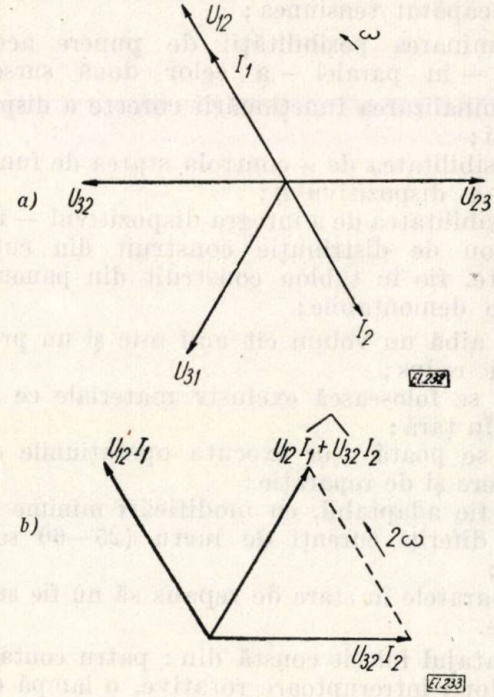


Fig. 9. Diagrama valorilor efective.

Concluzie

Cu ajutorul componentelor alternative ale generatoarelor Hall din InSb se poate măsura puterea aparentă în sisteme mono- şi trifazate cu precizia sub 2%, folosind scheme simple. Această eroare se datoreşte în principal amplificatorului şi voltmetrului. Dacă în viitor se vor realiza generatoare Hall cu tensiune Hall de ordinul volţilor, menţinînd la valori reduse rezistenţa interioară, se poate renunţa la amplificator, deci schema se va simplifica şi precizia va creşte.

Bibliografie

[1] *Madjar, L.*: Der Leistungsfaktor cos φ. Bedeutung, Wirkung, Verbesserung. Technik, Berlin 1954, p. 222—253.

[2] *Pflier*: Elektrizitätszähler. Tarifgeräte. Messwandler. Shaltuhren. Springer, Berlin 1954.

[3] *Ianicky W.*: Die Scheinverbrauchmessung und ihre Bedeutung für die Elektrizitätswirtschaft ETZ **50**/1929 p. 1326.

[4] *Beetz, W.*: Scheinverbrauchzäller A T M, 1937, p. 49.

[5] * * * Poluprovodniki v naukei tehnike Isd. Acad. Nauk S.S.S.R. 1957.

[6] *Berman L. S.*: Ispolzovania effekta Holla v poluprovodnikah dlia izmerenia elektriceskoi mocinosti JT Fiziki **27**, 1957, 6, p. 1192—1196.

[7] *Strutt M. I. O.* şi *Sun S. F.*: Leistungsmessung und Leistungsregulierung in Mehrphazennetzen mittels Halbleiter Archiv für Electrotechnik **XLII** 1956, 3 p.

[8] *Fränkel D.* şi *Stoica V.*: Teleizmerenie kajuşcicisia mocinosti datcikom Holla. Telemăsurarea puterii aparente cu traductor Hall. Izmeritelnaia tehnika, 1960, 12, p. 30—31.

[9] *Fränkel D.*: Despre o compensare a neechipotenţialităţii contactelor Hall. Electrotehnica, **9**, 1961, 11, p. 407.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Un dispozitiv de anclanşare automată a sursei electrice de rezervă (AAR)

Banu Gheorghe* — Bucureşti

Autorul propune o schemă şi realizarea constructivă a unui dispozitiv de anclanşare automată a sursei electrice de rezervă, potrivit pentru instalaţiile de iluminat, care să funcţioneze cu maximum de siguranţă şi să fie integrabil în tablourile de comandă şi distribuţie uzuale.

CZ. 621.311.163 : 621.316.577.067.5

Dezvoltarea uzinelor existente, crearea de uzine noi, precum şi avîntul continuu al construcţiei de clădiri şi complexe mari social-culturale — iniţiate şi conduse de partidul nostru — pun inginerii şi tehnicienii în faţa unor probleme din ce în ce mai dificile, în toate domeniile.

În uzine lucrează mii de oameni, în şcoli şi institute studiază zeci de mii de tineri, în teatre, cinematografe, stadioane se recreează mase de oameni ai muncii. Asigurarea unui iluminat potrivit, dar mai ales asigurarea continuităţii iluminatului, evitarea rămînerii în întuneric (fapt ce ar putea produce panică şi accidente) constituie una din problemele principale a cărei rezolvare cade în sarcina inginerului electrician.

Ne-am propus — mergînd pe linia tehnicii moderne — să proiectăm un dispozitiv automat de anclanşare automată a sursei electrice de rezervă, pentru curenţi de lucru mici (25—100 A), potrivit pentru instalaţiile de iluminat.

Un astfel de dispozitiv poate fi mai complex sau mai simplu şi, în consecinţă, mai scump sau mai ieftin, dar în orice caz el trebuie să satisfacă un număr minim de condiţii de funcţionare.

Dispozitivul pe care-l prezentăm în articolul de faţă — după cum se va vedea — îndeplineşte un mare număr de condiţii de funcţionare, fără să devină un aparat scump şi greoi.

Literatura tehnică mondială şi cea sovietică în special recomandă diferite scheme pentru anclanşarea automată a rezervei, care se referă însă în majoritatea lor la conectarea transformatorului de rezervă la serviciile interne ale centralelor electrice etc. Aparatura folosită este destul de complexă (relee, condensatoare etc.) şi presupune existenţa întreruptoarelor automate cu un număr de contacte auxiliare disponibile în acest scop. Dispozitivele descrise se compun din aparate răzleţe ce se montează pe panourile de comandă; ele nu constituie un tot unitar.

În tehnica iluminatului se folosesc scheme cu jocul a două contactoare pentru anclanşarea sursei de rezervă. Astfel de scheme simple, prin inerţia contactelor, adică printr-o întîrziere a dezlipirii acestora, pot uşor pune în paralel două surse neproiectate pentru o astfel de funcţionare.

* BANU GHEORGHE este inginer proiectant principal la IPROMET.

Descrierea dispozitivului propus

Ne-am propus ca dispozitivul nostru să răspundă la următoarele condiţii:

a) comutarea sigură, automată şi instantanee (sau aproape instantanee) a iluminatului (sau a unei părţi a iluminatului) de pe sursa principală pe cea de rezervă — indiferent care şi cîte faze s-ar defecta;

b) revenirea automată pe alimentarea principală, numai cînd toate cele trei faze ale acesteia şi-au recăpătat tensiunea;

c) eliminarea posibilităţii de punere accidentală — în paralel — a celor două surse;

d) semnalizarea funcţionării corecte a dispozitivului;

e) posibilitatea de a controla starea de funcţionare a dispozitivului;

f) posibilitatea de a integra dispozitivul — fie în tablou de distribuţie construit din cutii capsulate, fie în tablou construit din panouri metalice demontabile;

g) să aibă un volum cît mai mic şi un preţ cît mai redus;

h) să se folosească exclusiv materiale ce se produc în ţară;

i) să se poată uşor executa operaţiunile de întreţinere şi de reparaţie;

j) să fie adaptabil, cu modificări minime — pentru diferiţi curenţi de lucru (25—60 sau 100 A);

k) aparatele în stare de repaus să nu fie sub tensiune.

Aparatajul folosit constă din: patru contactoare, două întreruptoare rotative, o lampă de semnalizare şi un buton de încercare.

Schema de funcţionare desfăşurată este prezentată în figura 1.

Se închide întreruptorul *I 1*.

În acest caz, bobinele contactoarelor *1Co*, *3Co* şi *4Co* se pun sub tensiune şi se excită; *1Co*, prin contactele sale principale, *3/4*, *5/6* şi *7/8*, stabileşte alimentarea iluminatului de la sursa principală.

Se închide apoi întreruptorul *I 2* şi se controlează prin apăsare pe butonul *B* existenţa tensiunii pe reţeaua de rezervă.

Astfel dispozitivul este pregătit pentru funcţionare automată.

Să presupunem acum că de pe oricare dintre fazele sursei principale dispare tensiunea; dacă dispare tensiunea de pe faza *A*, se dezexcită contactoarele *1Co*, *4Co* şi *3Co*, în ordine.

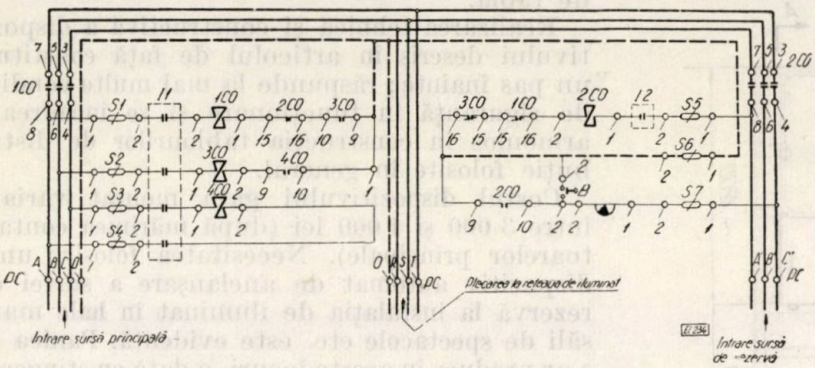


Fig. 1. Schema desfăşurată a dispozitivului AAR.

Dacă dispare tensiunea de pe faza *B*, se dezexcită contactoarele *3Co* şi *1Co*; în sfîrşit, dacă dispare tensiunea de pe faza *C*, ordinea dezexcitării contactoarelor este următoarea: *4Co*, *3Co* şi *1Co*.

Se observă că *3Co* şi *1Co* se dezexcită la dispariţia tensiunii de pe oricare fază; dezexcitîndu-se, prin contactele lor normal închise, *15/16 3Co* şi *15/16 1Co* stabilesc circuitul de excitare a contactorului *2Co*, care prin contactele sale principale *3/4*, *5/6* şi *7/8* stabileşte alimentarea iluminatului de la sursa de rezervă. Contactele *9/10 2Co* închid circuitul de alimentare a lămpii de semnalizare LS, care arde tot timpul cît instalaţia funcţionează pe sursa de rezervă.

Revenirea tensiunii la sursa principală pe una sau două faze nu deconectează instalaţia de pe sursa de rezervă, deoarece *1Co* şi *3Co* nu pot fi excitate decît numai cînd există tensiunea pe toate cele trei faze ale sursei principale, iar excitarea lor este o condiţie pentru dezexcitarea lui *2Co*.

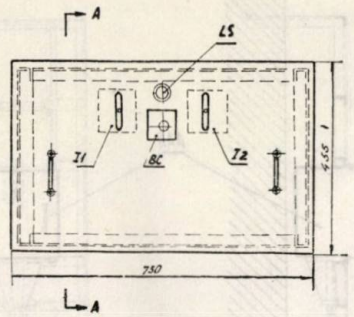
Dacă revine tensiunea pe toate fazele sursei principale, atunci contactoarele *4Co* şi *3Co* se excită în ordine; contactele *15/16 3Co* întrerup alimentarea lui *2Co*. Contactele *3/4*, *5/6* şi *7/8 2Co* se deschid întrerupînd alimentarea de la sursa de rezervă, iar contactele *15/16 2Co* se închid excitînd contactorul *1Co*, care îşi închide contactele principale *3/4*, *5/6* şi *7/8*, alimentarea iluminatului revenind pe sursa principală.

Lampa de semnalizare se stinge; dispozitivul este pregătit de funcţionare, în cazul unei noi avarii.

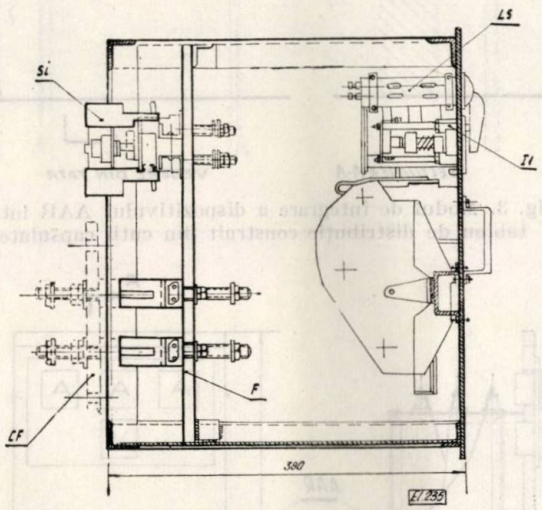
Din punct de vedere constructiv, pentru a satisface condiţiile f ... j, s-a proiectat dispozitivul în forma unui sertar, conform desenului din figura 2.

Pe faţa plăcii frontale (tablă de oţel) sînt montate întreruptoarele *I 1*, *I 2*, lampa de semnalizare LS şi două mînere prin care se mişcă sertarul înăuntru sau în afară.

Pe spatele plăcii frontale sînt montate cele patru contactoare.



Vedere din faţă



Secţiunea A—A

Fig. 2. Dispozitivul AAR — sertarul.

Pe placa din fund (pertinax) sînt montate siguranţele şi dispozitivele de conectare, compuse din furci (broşe).

În cazul integrării dispozitivului într-un tablou construit din cutii capsulate, sertarul descris mai sus se introduce într-o cutie de tablă avînd dimensiunile a două cutii capsulate de tipul S. 11 Electroaparataj (fig. 3). Cutia de tablă are şine şi role de glisare, iar pe fund se montează, tot pe o placă de pertinax, contrafurcile de conectare.

La aceste contrafurci se leagă cele două surse de alimentare şi circuitul de utilizare.

La o eventuală avarie, cutia rămîne fixată pe stelajul metalic, cu circuitele de intrare şi ieşire legate, şi se trage afară numai sertarul în care se pot executa reviziile sau reparaţiile necesare, aparatura din el fiind fără tensiune.

În cazul cînd se integrează dispozitivul într-un tablou construit din panouri demontabile, se decupează pe faţa panoului o tăietură de mărimea plăcii frontale a sertarului. În spatele tăieturii se montează glisierele şi placa

de fund din pertinax, identice cu cele din cutie, şi sertarul se împinge, prin tăietură (fig. 4).

Revizia sau repararea dispozitivului se face în mod analog.

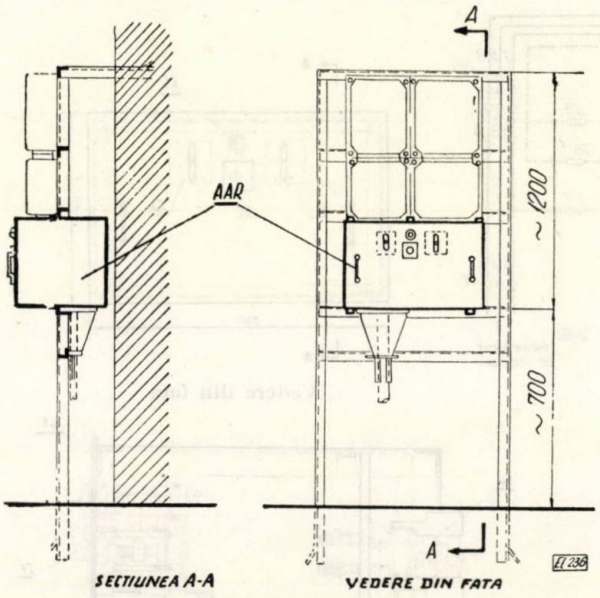
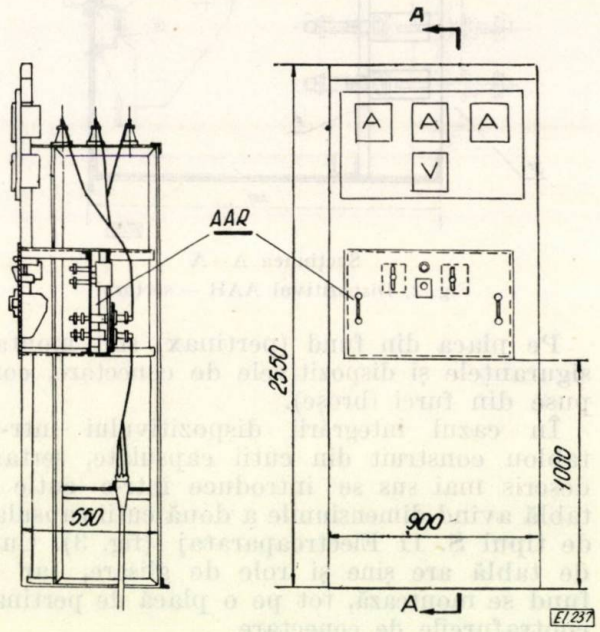


Fig. 3. Modul de integrare a dispozitivului AAR într-un tablou de distribuţie construit din cutii capsulate.



Modul de integrare a dispozitivului AAR într-un tablou de distribuţie construit din panouri metalice

Fig. 4. Modul de integrare a dispozitivului AAR într-un tablou de distribuţie construit din panouri metalice.

Adoptarea dispozitivului la diferiţi curenţi de lucru se face prin schimbarea celor două contactoare principale *1Co* şi *2Co*.

Dispozitive folosind scheme mai simple decît cea descrisă mai sus (cu două şi maximum trei contactoare) s-au proiectat în institutul nostru şi ele sînt în funcţiune la instalaţiile de iluminat ale unor uzine din ţară; nu s-au primit reclamaţii. Realizarea lor constructivă nu este însă similară, aparatele fiind montate în dulapuri de tablă.

Realizarea tehnică şi constructivă a dispozitivului descris în articolul de faţă constituie un pas înainte; răspunde la mai multe condiţii de siguranţă în funcţionare şi se încadrează armonios în construcţia tablourilor de distribuţie folosite în general.

Costul dispozitivului gata montat variază între 3 000 şi 4 000 lei (după mărimea contactoarelor principale). Necesitatea folosirii unui dispozitiv automat de anclanşare a sursei de rezervă la instalaţia de iluminat în hale mari, săli de spectacole etc. este evidentă. Panica ce s-ar produce în aceste locuri, o dată cu stingerea luminii, şi împreună cu ea accidentele posibile ale oamenilor muncii, ale femeilor şi copiilor nu pot fi evaluate. O evitare sigură a unor astfel de întîmplări cu o soluţie tehnică elegantă, care nu costă mai mult de 4 000 lei, este recomandabilă.

Concluzii

Ţinînd seamă de cele de mai sus, credem că adoptarea dispozitivului de anclanşare automată a sursei electrice de rezervă (AAR) descris mai sus poate fi generalizată peste tot unde ne stau două surse electrice diferite la dispoziţie, şi unde o automatizare a trecerii de pe o sursă pe cealaltă este necesară pentru evitarea pierderilor de ore de producţie şi a eventualelor accidente cauzate de panică. Astfel de locuri sînt : hale de producţie, săli de spectacol şi de sport, spitale, expoziţii, biblioteci, magazine mari etc.

Este de subliniat că normativul C.S.A.C. nr. 30.01.54 privind instalaţiile electrice (de utilizare) pînă la 1 000 V la construcţiile civile şi industriale în articolul 179—184 inclusiv enumără în mod precis cazurile unde folosirea a două surse de lumină este obligatorie şi cazurile unde trecerea automată de la o sursă la cealaltă este recomandabilă, împreună cu revenirea automată a alimentării pe sursa principală, dacă tensiunea a fost restabilită în aceasta [5].

Bibliografie

[1] *Gumin I. I.* : Circuitele secundare ale centralelor electrice. Editura energetică de stat, 1955.

[2] *Berlin G. I.* şi *Nekrasov A. M.* : Experienţa în aplicarea CAR la serviciile interne ale centralelor. Elektriceskie stanţii, 1937, nr. 7—8.

[3] *Domansky B. I.* : Introducerea în automatizare şi telemecanică G.E.I. 1950.

[4] *Fedoseev A. M.* : Bazele tehnicii protecţiei prin relee. Gosenergoizdat, 1952.

[5] *C.S.A.C.* : Normativ privind instalaţiile electrice (de utilizare) pînă la 1 000 V, la construcţiile civile şi industriale 30 · 01—54 Ediţia II-a. Editura de stat pentru arhitectură şi construcţii, 1955.

[6] *Electroaparataj* : Catalog de produse electrotehnice. Ediţie heliografiată, 1960.

DIN ACTIVITATEA CEI

Probleme actuale în discuția Comitetului tehnic 34 al Comisiei Electrotehnice Internaționale (CEI)

Anton Pușcașu și Dinu Savopol*

CZ 061.3 (100) : 621.3 CEI : 621.32

Majoritatea problemelor aflate în discuția Comitetului tehnic (CT) 34 — „Lămpi și echipament accesoriu" — al CEI sînt de o deosebită actualitate pentru Republica Populară Romînă, unde industria izvoarelor de lumină și a accesoriilor respective a cunoscut în ultimii ani o dezvoltare impetuoasă. Dacă fabricația lămpilor electrice cu incandescență se desfășoară de multă vreme, aceea a lămpilor fluorescente și a tuturor accesoriilor — inclusiv a corpurilor de iluminat — a fost organizată abia în ultimii ani pe baze moderne, permițînd realizarea unor produse la nivelul tehnicii mondiale.

În această situație, recomandările CEI trebuie să fie luate în considerare la elaborarea standardelor de stat și a normelor interne, garantîndu-se prin aceasta calitatea superioară a produselor și interșanjabilitatea lor cu oricare dintre produsele similare străine.

Comitetul electrotehnic romîn, membru al CEI, participă, prin colectivul său de lucru nr. 16, la activitatea CT 34, a comitetelor preparatoare de experți și a următoarelor subcomitete ale sale:

— A — „Lămpi" — și comitetul de experți PRESCO;
— B — „Socluri și dulii" — și comitetul de experți EPC;
— C — „Aparate auxiliare pentru lămpi cu descărcări" — și comitetul de experți COMEX;
— D — „Corpuri de iluminat" — și comitetul de experți LUMEX.

Cu ocazia reuniunii CEI de la Interlaken (Elveția), din iunie 1961, au fost analizate rapoartele comitetelor de experți, s-au luat hotăriri în legătură cu propunerile prezentate cu privire la elaborarea de noi recomandări și la modificarea unor recomandări existente și s-a stabilit programul lucrărilor viitoare.

1. În cadrul Subcomitetului A — „Lămpi" — al CT 34 principalele lucrări sînt următoarele:

a) După apariția ediției a treia a publicației 64 — „Lămpi cu filament de wolfram pentru iluminat general" — , s-a trecut la activitatea pentru elaborarea ediției a patra, caracterizată prin împărțirea publicației în două capitole mari:
— lămpi pentru uz casnic și similare;
— lămpi pentru uz industrial și pentru alte necesități.

Domeniul de aplicare se va extinde, cuprinzînd, sub denumirea de „alb interior", și lămpile cu strat difuzant aplicat pe partea interioară a baloanelor de sticlă.

O serie de amănunte (temperatura maximă a soclurilor, specificații asupra standurilor de durată în vederea limitării influenței scurtcircuitelor etc.) sînt în prezent studiate de PRESCO.

b) Ediția a doua (1961) a publicației 81 — „Lămpi fluorescente tubular pentru iluminatul general" — a constituit un salt calitativ important în raport cu ediția întîi, completîndu-se specificațiile cu coordonatele și ariile de toleranțe la culori, distribuțiile spectrale, specificațiile pentru lămpile cu aprindere fără starter, fluxurile luminoase și o serie întreagă de alte date tehnice. Cu ocazia elaborării ediției a treia se va modifica principial sistemul de stabilire a redării culorilor, abandonîndu-se metoda celor opt benzi spectrale și adoptîndu-se un nou sistem de măsură, în curs de elaborare de către Comisia Internațională a Iluminatului (CII).

Urmează să fie definitivate de PRESCO condițiile de amorsare, să fie stabilite unele caracteristici luminoase prin verificare vizuală și noi intervale de tensiuni de aprindere pentru lămpile de 20 W să fie modificate coordonatele de culoare pentru lămpile alb cald etc.

c) Au fost definitivate proiectele primelor ediții ale specificațiilor pentru startere (condiții generale) și pentru lămpi fluorescente cu vapori de mercur de înaltă presiune (specificație de tipuri), ele fiind în prezent supuse aprobării comitetelor membre, după regula celor șase luni.

d) Necesitatea definirii unor surse standard de căldură pentru controlul corpurilor de iluminat ridică o serie de probleme dificile legate de reproductibilitatea rezultatelor, de fixarea limitelor de temperatură și de punerea de acord cu prescripțiile CEE.

2. În cadrul Subcomitetului B — „Socluri și dulii" — al CT 34 au fost studiate sau sînt în curs de elaborare un mare număr de foi de normă pentru calibre (calibre pentru socluri, dulii, lămpi soclate, determinarea realității contactelor, verificări contra contactelor accidentale etc.), precum și pentru socluri și dulii. Se constată tendința exagerată, contrară însăși principiilor normalizării, de creștere a numărului de tipuri de socluri și dulii.

3. În cadrul Subcomitetului C — „Aparate auxiliare pentru lămpi cu descărcări" — al CT 34 a fost aprobat proiectul ediției a doua a publicației 82 — „Recomandări privind balasturile pentru lămpi fluorescente" — și au început lucrările pentru elaborarea ediției a treia a acestei publicații.

Față de ediția întîi din 1956, această ediție aduce precizări cu privire la valoarea curentului de preîncălzire a lămpilor de 20 W și la puterile furnizate lămpilor de referință, în raport cu cele furnizate acestora de balasturile de referință, între anumite limite ale tensiunii de alimentare. De asemenea, se aduc noi precizări cu privire la factorul de putere, la stabilitatea tensiunii și frecvenței curentului de alimentare, precum și la forma undei.

În ceea ce privește ediția a treia a acestei publicații, se speră ca ea să fie completată cu specificații referitoare la încercări de durată (de pildă, funcționarea timp de zece zile la o temperatură ridicată, bazată pe comportarea balastului la sub 110% din tensiunea nominală, ar trebui să corespundă unei durate de 15 ani la tensiunea nominală). De asemenea, se studiază o serie de precizări cu privire la tensiunea la bornele circuitelor deschise, la condițiile de preîncălzire, la puteri și randamente, la reducerea perturbațiilor radioelectrice, la limitarea zgomotului și a încălzirii etc.

4. În cadrul Subcomitetului D — „Corpuri de iluminat" — al CT 34 a fost discutat un amplu proiect de specificații pentru corpuri de iluminat pentru lămpi fluorescente tubulare. Proiectul conține toate condițiile tehnice, atît cele esențiale pentru securitatea exploatării cît și cele de performanță și de practică, precum și încercările de tip și metodele de încercare.

Proiectul este în momentul de față supus aprobării comitetelor membre, după regula celor șase luni.

Dintre principalele produse care fac obiectul preocupărilor Comitetului tehnic 34, în R.P.R. sînt standardizate lămpile cu filament de wolfram de uz general, o serie de socluri, dulii și calibre, precum și un număr restrîns de corpuri de iluminat pentru lămpi incandescente. Celelalte produse importante — lămpile fluorescente, starterele și balasturile, precum și corpurile de iluminat pentru lămpi fluorescente — au norme interne departamentale, iar produsele în curs de asimilare (lămpile cu vapori de mercur și accesoriile lor) nu au încă norme interne.

Pentru a traduce în viață sarcinile care decurg din directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. cu privire la calitatea superioară a produselor, colectivele întreprinderilor de specialitate (mai ales „Electrofar", „Steaua electrică" și „Electrobanat"), organele tutelare și Oficiul de stat pentru standarde au datoria de a îmbunătăți în permanență condițiile tehnice ale standardelor și normelor interne, precum și parametrii produselor, astfel încît acestea să corespundă în întregime specificațiilor internaționale ale CEI.

* Ing. A. PUȘCAȘU este adjunct al ministrului Metalurgiei și Construcțiilor de Mașini, iar fizicianul D. SAVOPOL este șeful serviciului laboratoare al întreprinderii „Electrofar".

CRONICĂ

Tîrgul de primăvară de la Leipzig

(4—13 martie 1962)

Fără îndoială, Tîrgul din Leipzig este astăzi unul dintre cele mai de seamă tîrguri internaţionale din lume. El concretizează în jurul său — atît ca exponanţi cît şi ca vizitatori — pe cei mai de seamă oameni de afaceri din toate ţările şi exercită o funcţie comercială foarte importantă concretizată prin prezenţa unor oameni de stat, reprezentanţi ai industriei şi comerţului din ţările socialiste ca şi din celelalte ţări.

An de an, exponatele au demonstrat în mod impresionant avîntul economiei naţionale în ţările socialiste.

Expoziţiile colective şi pe întreprinderi scot în evidenţă impunătoarea dezvoltare a forţelor de producţie din fiecare ţară în parte, precum şi progresele realizate în construcţia şi producţia comună, în folosirea tehnicii celei mai noi în toate ramurile industriale, precum şi potenţialul industrial în dezvoltare al economiei socialiste planificate.

De asemenea, stabilirea unui număr mare de sortimente constituie rezultatul unei planificări unitare şi al coordonării producţiei în ţările socialiste.

În urma recomandărilor şi hotărîrilor date de către Consiliul pentru Ajutor Reciproc, o serie de ţări din lagărul socialist s-au specializat în producţia anumitor produse sau grupuri de mărfuri şi care ulterior au fost expuse în cadrul Tîrgului.

Numărul vizitatorilor ce creşte din an în an constituie o dovadă clară a recunoaşterii rolului important pe care-l deţine Tîrgul de la Leipzig în lumea întreagă.

Ţara noastră, ca expozant a făcut o deosebită impresie în ultimul timp prin calitatea şi prezentarea produselor ce au fost continuu îmbunătăţite şi perfecţionate. Ca o dovadă grăitoare în această privinţă stau tot mai multe tranzacţii încheiate şi care echivalează cu aprecieri în ce priveşte nivelul tehnic, calitatea mărfurilor, precum şi condiţiile de livrare şi de plată corespunzătoare pieţii.

Creşterea valorii tranzacţiilor încheiate cu prilejul Tîrgului de la un an la altul constituie expresia faptului că ţările capitaliste îşi orientează tot mai mult oferta spre mărfurile care figurează pe listele de import ale ţărilor socialiste.

În oferta statelor socialiste se evidenţiază marile progrese realizate în dezvoltarea producţiei bunurilor de consum, ceea ce constituie o dovadă convingătoare că ţările socialiste progresează cu succes în soluţionarea sarcinii economice fundamentale şi că nivelul de trai al populaţiei creşte an de an.

Numeroşi reprezentanţi ai unor proeminente firme din ţările capitaliste de seamă s-au exprimat — ceea ce a reieşit limpede şi din expoziţii — că, în alegerea producţiei lor prezentate la Tîrg, planurile de lungă durată şi îndeosebi obiectele punctelor de greutate ale ţărilor socialiste au fost determinante.

Tîrgul se află în permanenţă sub semnul politicii coexistenţei paşnice şi al puterii crescînde a forţelor mondiale ce luptă pentru destinderea încordării internaţionale şi înţelegere între popoare, pentru larga desfăşurare a comerţului internaţional.

Tinerele state naţionale, ţările mai slab dezvoltate din punct de vedere economic din Asia, Africa şi America Latină manifestă un interes sporit faţă de Tîrg, ceea ce îşi găseşte expresia în prezenţa unor delegaţii oficiale şi într-un număr tot mai mare de vizitatori.

La Tîrgul de primăvară de la Leipzig în acest an dintr-o suprafaţă totală de 300 000 m², aproape două treimi au fost rezervate exponatelor tehnice. S-au oferit din nou produse tehnice din toate ramurile construcţiei de maşini, electrotehnicii, construcţiei de vehicule, mecanicii fine, chimiei industriale şi construcţiilor.

Peste 9 000 de întreprinderi au prezentat experţilor de achiziţii din toată lumea o ofertă multilaterală din toate ramurile tehnicii şi bunurilor de larg consum.

Suprafaţa totală de expunere a Republicii Populare Romîne a cuprins aproximativ 4 900 m²; astfel ţara noastră s-a situat în grupul ţărilor socialiste care au ocupat cele mai mari suprafeţe în cadrul Tîrgului. Acest apreciabil salt înainte corespunde dezvoltării economice a R.P.R.

Dezvoltarea multilaterală a economiei noastre naţionale s-a oglindit nu numai în volumul suprafeţei de expunere, ci şi în numărul, selecţionarea, calitatea şi sortimentul exponatelor. Aceasta constituie o mărturie în plus a avîntului cu care oamenii muncii din ţara noastră, sub conducerea Partidului Muncitoresc Romîn, desăvîrşesc cu succes construcţia socialismului.

Cu ocazia sărbătoririi jubileului de 40 de ani de participare la Tîrgul de la Leipzig, Uniunea Sovietică s-a orientat îndeosebi în direcţia prezentării de produse tehnice la cel mai înalt nivel.

Maşinile-unelte automate şi semiautomate, instalaţiile şi vehiculele expuse, aspectele pe care le-a prezentat vizitatorilor în ce priveşte folosirea energiei atomice în scopuri paşnice au demonstrat forţa ce o reprezintă ţara care a păşit pe calea construirii comunismului.

R. P. Romînă a prezentat exponate din cele mai diferite sectoare ale economiei. Dintre produsele industriei constructoare de maşini care au ocupat un loc important în cadrul pavilionului s-au remarcat instalaţiile de foraj.

În celelalte standuri s-au expus produse petroliere, chimice, produse ale industriei de prelucrare a lemnului cît şi o gamă variată de produse industriale şi alimentare. „Industrialexport" a prezentat vagoane de cale ferată, maşini-unelte, autobuze, maşini textile, pompe centrifuge, tractoare, aparate de radio, instalaţii electroacustice etc.

Şi la alte ţări socialiste: R. S. Cehoslovacă, R. P. Polonă, R. P. Ungară şi R. P. Bulgaria, sectorul tehnic a fost preponderent. Fiecare dintre aceste ţări are specialitatea ei — dar la toate s-a văzut nivelul înalt al tehnicii lor.

Ca şi în ceilalţi ani, R.D.G. a prezentat un bogat sortiment în toate ramurile tehnicii şi bunurilor de larg consum.

Astfel în domeniul industriei electrotehnice putem cita noi tipuri de semiconductoare, rezistenţe, condensatoare, tuburi electronice, elemente de contact, materiale electroizolante şi surse de lumină.

Oferta de semiconductoare a cuprins tranzistoare de joasă frecvenţă pe bază de siliciu şi germaniu pentru puteri de 50, 100 şi 150 mW, tranzistoare de înaltă frecvenţă pînă la 10 MHz şi tranzistoare de putere de 1 W.

Dintre acestea o noutate au reprezentat semiconductoarele cu joncţiune pe bază de germaniu şi siliciu pentru curenţi de 0,1, 1 şi 10 A.

Aceste redresoare au pentru un curent în sens direct de 1 A, tensiuni de blocare pînă la 700 V. Ele pot fi folosite la temperaturi de la — 55 pînă la + 150°C.

În domeniul rezistenţelor ca noutăţi au fost prezentate potenţiometrele triple şi cuadruple, o rezistenţă de aprindere pe bază de magneziu — titan —, spinel pentru lămpi cu vapori de mercur la mare presiune şi un potenţiometru cu fir calibrat de 2 W.

În domeniul fabricării condensatoarelor, R.D.G. a expus un nou tip de condensator electrolitic pe bază de tantal cu electrolit fix, care poate fi folosit la temperaturi de la —65 pînă la +65°C şi un nou condensator cu foiţe de material plastic pentru 25 V cu volum mult redus pentru temperaturi de la 10 pînă la +60°C. Ceea ce a constituit o noutate în domeniul materialelor electroizolante din R.D.G. au fost noile piese din mică pentru tuburi electronice şi lămpi, ce se disting printr-o mare elasticitate, duritate scăzută şi grosimi pînă la 0,01 mm.

Produsele oferite în cadrul Tîrgului privind industria de lămpi cu incandescenţă a cuprins: lămpi universale pentru cele mai diferite tensiuni, lămpi fluorescente, lămpi cu vapori de mercur la mare presiune, becuri speciale pentru scopuri ştiinţifice, cercetări, medicină, agricultură, transporturi şi tehnică fotografică.

În domeniul industriei de aparate de radio, oferta R.D.G. s-a caracterizat prin străduinţa de a unifica în cît mai mare

măsură construcţia mecanică şi electrică a receptoarelor prin folosirea de piese şi grupuri de construcţie standardizate, paralel cu execuţia variată a cutiilor şi a confortului tehnic.

O noutate în seria de aparate superportabile a constituit-o noul tip de aparat „Stern", 5 un aparat de radiorecepţie portabil cu tranzistoare, cu picup automat pentru discuri de 17 cm. El este executat cu 7 circuite pentru recepţia pe unde medii şi lungi, iar alimentarea cu curent se face prin 6 celule de cîte 1,5 V.

Noutăţi s-au mai prezentat şi în domeniul construcţiei de televizoare şi al fonotehnicii.

Şi în acest an, ca şi în trecut, încercările Germaniei Occidentale şi ale N.A.T.O. de a boicota comerţul cu R.D.G. şi Tîrgul de la Leipzig au eşuat în faţa realităţii raportului de forţe pe plan internaţional.

Interesul economic s-a afirmat, întrucît necesitatea economică de a depune eforturi pentru a obţine comenzi din Răsărit — ţinîndu-se seama de regresul situaţiei comenzilor în statele vest-europene — n-a putut fi trecută cu vederea nici de către guvernele aservite NATO.

De aceea nu trebuie să ne mire faptul că printre cei peste 9 000 expozanţi ce s-au anunţat din 58 de ţări şi care şi-au prezentat mărfurile pe o suprafaţă de 300 000 m², numai firmele din ţările capitaliste au închiriat circa 55 000 m². Un loc de frunte a ocupat Marea Britanie, după care se pot cita: Franţa, Italia, Grecia, Norvegia, Danemarca, Finlanda, Suedia, Austria, Elveţia şi altele. De remarcat faptul că o serie de oameni de afaceri din R.F.G. şi Berlinul occidental, în ciuda aţîţătorilor de la Bonn, nu au renunţat la suprafeţele lor de expunere şi au semnat noi contracte de a participa la Tîrg.

Prin semnarea de contracte şi purtarea de tratative comerciale, forţa de atracţie a Tîrgului a crescut şi a contribuit la înfăptuirea coexistenţei paşnice.

Faţă de numărul atît de mare de expozanţi, Tîrgul de la Leipzig, care are o tradiţie de peste 700 de ani, este considerat drept cel mai mare tîrg din Europa şi cel mai important punct de legătură în comerţul dintre Răsărit şi Apus.

Tîrgul de primăvară de la Leipzig, şi-a dat de asemenea contribuţia pentru consolidarea şi lărgirea colaborării economice şi a ajutorului reciproc, care sînt principalele căi pentru realizarea avîntului continuu al economiei socialiste mondiale.

M. GÎRZU

Aplicarea industrială a electrotermiei de înaltă frecvenţă

CZ 621.365.5 : 061.3 (47)

În zilele de 26, 27 şi 28 septembrie 1961 s-a desfăşurat la Leningrad a IV-a conferinţă tehnico-ştiinţifică pentru aplicarea industrială a electrotermiei de înaltă frecvenţă; asemenea conferinţe se organizează la perioade de 3—4 ani, cu scopul de a analiza realizările obţinute în acest domeniu în etapa precedentă conferinţei şi a stabili tendinţele de dezvoltare a electrotermiei de înaltă frecvenţă. Conferinţa a demonstrat că între cea de-a III-a şi cea de-a IV-a întrunire, ţinută în U.R.S.S., electrotermia de înaltă frecvenţă a obţinut însemnate realizări practice, datorită cărora industria sovietică a înregistrat un nou progres tehnic calitativ.

Tendinţele de dezvoltare a încălzirii prin inducţie se concretizează în faptul că, atît în U.R.S.S., cît şi în cele mai dezvoltate ţări capitaliste — în special în S.U.A. — se acordă tot mai multă atenţie aplicării acestui gen de încălzire în sudură, lipire, prelucrare chimico-termică, încălzirea semifabricatelor pentru ştanţare şi forjare şi într-o serie de alte operaţii tehnologice pentru realizarea cărora este necesară ridicarea temperaturii produsului de prelucrat. Concomitent cu aceasta se tinde să se creeze utilajul tehnologic necesar electrotermiei de înaltă frecvenţă, cu gabarite cît mai mici şi la un preţ de cost cît mai redus. Astfel, în U.R.S.S. se va mări sortimentul de generatoare rotative verticale şi cu tuburi electronice. Generatoarele cu tuburi se vor executa în două variante: cu tensiunea stabilizată la inductor şi fără această stabilizare. Aceasta permite să se micşoreze mult gabaritele şi să se reducă preţul generatoarelor cu tuburi care nu au tensiune stabilizată la inductor — caracteristică care nu este necesară într-o serie de operaţii tehnologice (lipire ş.a.) aplicate în industria constructoare de maşini şi care sînt realizate cu ajutorul încălzirii prin inducţie. Se va trece la fabricarea generatoarelor cu scîntei de putere mică care vor fi folosite la uzinele constructoare de maşini — generatoare care sînt mult mai ieftine decît cele cu tuburi şi au gabarit mai mic.

Multe firme străine produc generatoare cu tuburi mai puţin perfecţionate din punctul de vedere al parametrilor lor decît cele produse în U.R.S.S., dar mai mici ca gabarit; acestea sînt folosite cu succes în diverse ramuri ale industriei constructoare de maşini.

În ţările occidentale, o atenţie deosebită se acordă generatoarele verticale (cu aşezarea verticală a axelor motorului) şi generatorului propriu-zis, într-un singur corp, care posedă cele mai mici gabarite ca suprafaţă, ceea ce este foarte important în cazul folosirii nemijlocite a instalaţiilor de încălzire prin inducţie în liniile de flux tehnologic din uzinele constructoare de maşini.

În domeniul tehnico-economic se recomandă ca, înainte de a trece la aplicarea în producţie a încălzirii prin curenţi de înaltă precvenţă, să se facă o analiză tehnico-şiinţifică a economicităţii şi a raţionalităţii tehnice a procedeului respectiv. Această analiză, în afară de faptul că trebuie să stabilească economicitatea procedeului respectiv în comparaţie cu folosirea unui alt fel de energie, trebuie să stabilească economicitatea din punctul de vedere al diverselor tipuri de generatoare, al utilajelor folosite şi al parametrilor electrotermici, trebuie să aibă în vedere şi factori ca: nivelul tehnic (metoda respectivă să nu sufere uzură morală în timp scurt), calitatea produsului obţinut, gradul de uniformitate, rebuturile, gradul de automatizare, spaţiul, protecţia muncii şi altele.

Analiza experienţei încălzirii prin curenţi de înaltă frecvenţă în producţia de forje la o serie de uzine şi fabrici demonstrează că consumul real de energie electrică pentru încălzirea semifabricatelor este de 500—650 kWh/t, iar în unele cazuri ajunge la 800—900 kWh/t. Cel mai mic consum de energie electrică obţinut în condiţiile producţiei de serie mare şi de masă este de 400—450 kWh/t.

O altă problemă dezbătută în cadrul conferinţei a fost aceea a tipizării transformatoarelor de medie frecvenţă şi a folosirii lor raţionale. În prezent, tehnica încălzirii prin inducţie cere un sortiment larg de transformatoare şi autotransformatoare care să acopere un diapazon de puteri între 125 şi 2 000 kVA (şi mai mult) la o tensiune secundară între 10 şi 100 V pentru instalaţiile cu inductoare cu una sau două spire sau de 300—800 V pentru instalaţiile cu inductoare cu mai multe spire. Se cer de asemenea transformatoare cu un raport determinat de transformare şi transformatoare reglabile, care să permită schimbarea raportului de transformare corespunzător unui nou proces tehnologic. Alegerea raţională a transformatorului corespunzător duce la economii importante de energie electrică.

În legătură cu toate acestea, V. V. Vologdin a vorbit despre alegerea tipului de transformator de frecvenţă medie pentru producţia de serie, prezentînd referatele: „Alegerea transformatorului pentru o maşină universală alimentată de invertorul electronic", „Transformator de înaltă frecvenţă cu circuit magnetic din ferită", „Autotransformator cu reglare continuă a tensiunii pentru încălzitorii prin inducţie" şi altele.

În domeniul convertizoarelor de înaltă frecvenţă, prof. dr. A. V. Donskoi a expus un referat de un deosebit interes, cu titlul „Seria experimentală a instalaţiilor electrice de topire cu convertizoare cu tiratroane la frecvenţa de 2 500 Hz", în care se dau schemele electrice de principiu ale instala-

ţiei de topire TP-62 şi TP-162, caracteristicile tehnice ale acestor instalaţii şi parametrii aparaturii care intră în componenţa schemelor amintite.

Referatul lui A. V. Bamunnev, A. V. Rubcinskoi şi A. E. Sluhoţki, intitulat „Convertizorul ionic de frecvenţă pentru alimentarea încălzitorilor prin inducţie" cuprinde o expunere a caracteristicilor tehnice şi a părţilor componente cu parametrii respectivi ai unei instalaţii în care se foloseşte convertirozul amintit. Caracteristicile convertizorului sînt : puterea — 300 kW, frecvenţa—1 100—1 000 Hz, tensiunea — 750—800 V, randamentul total — 90—91%.

Transformatorul de putere TMP-560 are tensiunea primară liniară 600 V, iar tensiunea secundară de fază — 970 V.

Încălzitorul alimentat de convertizor se află la o distanţă de 50 m. Inductorul cu un diametru de 120 mm şi lungimea de 1 000 mm are 72 de spire. Încălzitorul este destinat încălzirii simultane a semifabricatelor cilindrice, de la 50 pînă la 80 mm diametru. Bateria de condensatoare are în total 52 μF şi este împărţită în două.

Au mai prezentat referate V. V. Morgun şi G. D. Ţodikov — despre „Invertorul electronic de frecvenţă de 10—30 kHz pentru încălzirea prin inducţie" — , A. V. Donskoi şi L. G. Uverski — despre „Instalaţia experimentală electrică de topire cu invertor electronic de 30 kW şi 5—10 kHz" — A. A. Frumkin şi I. M. Senderihin—despre „Instalaţia de înaltă frecvenţă cu tuburi electronice pentru încălzirea, sudarea şi lipirea materialelor dielectrice". A mai făcut o expunere interesantă A. A. Terzian, despre „Proiectarea şi fabricarea convertizoarelor de frecvenţă rotative", în care autorul se referă la convertizoarele verticale realizate de filiala armeană VNIIEM, care posedă principalul avantaj de a ocupa suprafeţe productive mici.

Tabela 1

Benzile de frecvenţă adecvate aplicării industriale Proiect GOST

Frecvenţa minimă admisă, MHz	Abaterea admisă, %	Domeniul de aplicare
0,067	±10	Încălzirea prin inducţie a metalelor
0,2125 0,425 0,850 1,700	±5	Încălzirea prin inducţie şi ultrasonică a metalelor
3,400 6,800 10,200 13,600 20,400 27,200 40,800	±2,5	Încălzirea dielectricilor şi semiconductoarelor
81,600 163,200 326,400		Încălzirea rapidă a dielectricilor şi semiconductoarelor
915,000		Pregătirea alimentelor
2 325—2 425		Pregătirea alimentelor
19 000—20 000		Lucrări în perspectivă

În domeniul încălzirii dielectrice s-au expus referatele : „Situaţia actuală şi perspectivele încălzirii industriale a materialelor neconducătoare în cîmpul magnetic de înaltă frecvenţă" ; „Metoda de calcul al utilajului pentru încălzirea dielectrică pe baza caracteristicilor energetice ale materialului de prelucrat" ; „Aplicarea metodei asemănării în calculul indicilor energetici de încălzire în cîmpul electric de înaltă frecvenţă" ; „Folosirea încălzirii de înaltă frecvenţă în producţia sticlei plastice şi a produselor din acest material" ; „Experienţa aplicării încălzirii în cîmpul electric de înaltă frecvenţă în industria alimentară".

O problemă care a reţinut în mod deosebit atenţia conferinţei a fost normalizarea frecvenţelor şi domeniilor de aplicare. În acest sens, după discuţii şi concluzii, s-a propus un proiect GOST ale cărui date se redau în tabela 1. (Frecvenţa de 70 kHz se consideră frecvenţă-standard pentru încălzire corespunzător domeniului de aplicare metalelor şi se respectă în fabricaţia utilajelor în U.R.S.S.

Lucrările conferinţei au analizat şi problema frecvenţelor aplicate în industrie în raport cu frecvenţele folosite pentru comunicaţii radio, radar şi altele, scoţîndu-se în evidenţă necesitatea de a se lărgi domeniile frecvenţelor industriale şi a se rstrînge paraziţii admişi.

Totodată, se recomandă ecranarea instalaţiilor electrice de înaltă frecvenţă, care lucrează cu frecvenţe radio, sau să se recurgă la orice alt mijloc pentru înlăturarea perturbaţiilor pe care acestea le provoacă comunicaţiilor radio. Avînd în vedere faptul că frecvenţele industriale influenţează din ce în ce mai mult, în sens negativ, comunicaţiile radio, s-au expus la sfîrşitul conferinţei următoarele recomandări internaţionale privind frecvenţele industriale şi paraziţii admişi (tabela 2).

Tabela 2

Recomandări internaţionale pentru frecvenţele echipamentelor industriale de încălzire cu înaltă frecvenţă

f (MHz)	Δf		Normele paraziţilor admişi (la locul recepţiei) pentru frecvenţe care se găsesc aproape de frecvenţa de bază	
	kHz	± %	$E\ \frac{\mu V}{m}$ la paraziţi ∞	$E\ \frac{\mu V}{m}$ la paraziţi de impuls
13,56	6,78	0,05	10	30
27,12	160	0,6	10	30
40,68	20	0,05	10	30
915	25 000	2,7	nu se normează	nu se normează
2 450	50 000	2,0	nu se normează	nu se normează
5 850	75 000	1,3	nu se normează	nu se normează
10 600	100 000	0,94	nu se normează	nu se normează
18 000	150 000	0,84	nu se normează	nu se normează

Lucrările conferinţei constituie un preţios îndreptar pentru activitatea în domeniul electrotermiei de înaltă frecvenţă din R.P.R.

M. OGEA

Sesiune ştiinţifică de comunicări în domeniul automaticii

Comisia de automatizare a Academiei R.P.R. a organizat, în zilele de 23—24 noiembrie 1961, a patra sesiune de comunicări ştiinţifice privind automatica — sesiune care s-a bucurat de un deosebit succes.

Prima şedinţă a fost deschisă, în aula Academiei R.P.R., de către acad. prof. *I. S. Gheorghiu*, vicepreşedinte al Academiei R.P.R., care a salutat auditoriul şi oaspeţii din alte ţări ; după un cuvînt introductiv al acad. *Gr. C. Moisil*, preşedintele Comisiei de automatizare, care a schiţat activitatea ştiinţifică multilaterală în domeniul automatizării desfăşurată în ţara noastră în ultimul an, a urmat o comunicare asupra programului de activitate a Comisiei de automatizare, ţinută de ing. *I. Papadache*, şi nouă comunicări din principalele domenii tehnice şi inginereşti ale automaticii. Dintre acestea amintim următoarele, care au contingenţă cu electrotehnica :

— *Herşcovici H.* ş. a. : „Sistem unificat electrono-pneumatic pentru reglarea automată a proceselor industriale".

— *Weinrich G.* ş. a. : „Realizarea constructivă a blocurilor transistorizate din sistemul de reglare unificat pentru acţionări electrice".

— *Duma M.* ş. a. : „Sistem telemecanic complex pentru obiecte dispersate la mică distanţă, cu aplicaţie la sonde petrolifere în pompaj".

La celelalte şase şedinţe de comunicări s-au prezentat în total 48 comunicări din următoarele domenii :

— matematici superioare aplicate în automatică ;
— metode de programare ;
— circuite logice şi de comutaţie ;
— stabilitatea şi optimizarea sistemelor ;
— elemente de automatizare (în serii unitare) ;
— sisteme de reglaj automat, telecomenzi şi telemăsură ;
— aplicaţii ale automatizărilor în industrie.

Dintre aceste comunicări relevăm următoarele, care tratează probleme de electrotehnică :

— *V. Cleja* ş. a. : „Despre o teoremă de dualitate a circuitelor de comutaţie".

— *M. Sîrbu* ş. a. : „Radiotelecomanda maşinilor de ridicat".

— *I. Bejan* ş. a. : „Studiu experimental asupra forţării automate a excitaţiei motorului sincron cu ajutorul amplificatoarelor magnetice".

— *F. Stănciulescu* : „Funcţia de transfer şi caracteristicile de frecvenţă ale buclelor de reglare automată".

— *A. Avramescu* ş. a. : „Asupra criteriilor integrale pătratice de optimizare a sistemelor automate".

— *C. Penescu* ş. a. : „Regimul dinamic al sistemelor automate funcţionînd în paralel la ieşire".

— *C. Vazaca* ş. a. : „Asupra utilizării reţelelor active comandate în sistemele autoadaptive".

— *C. Vazaca* : Criterii de apreciere a influenţei regulatorului asupra sistemului automat".

— *D. N. Nestorescu* : „Metodă unitară de calcul al caracteristicilor de frecvenţă".

— *I. Landau* ş. a. : „Traductoare de tensiune şi curent cu separare galvanică pentru schemele de reglare automată a acţionărilor electrice".

— *H. Herşcovici* ş. a. : „Consideraţii asupra regulatorului PID al unui sistem unificat de reglare".

— *Sofan Eugen* : „Asupra perspectivelor de folosire a amplidinei în schemele de reglare automată".

O mare parte dintre comunicări vor fi publicate fie în revistele de specialitate ale ASIT, fie ca în anii trecuţi, în volumul IV al revistei „Probleme de automatizare", care va apărea în Editura Academiei R. P. R. în anul 1962.

A.A

Tracţiunea electrică în U.R.S.S.

În cadrul Lunii prieteniei romîno-sovietice, Consiliul Central ASIT, prin Secţia electrotehnică şi energetică, a organizat o conferinţă cu subiectul „*Tracţiunea electrică în U.R.S.S.*" Conferinţa, la care au luat parte un mare număr de tehnicieni şi ingineri, a fost ţinută la 4 noiembrie, la sediul ASIT din Calea Victoriei nr. 120.

Conferenţiarul, tov. ing. *Gh. Hortopan*, a arătat că U.R.S.S. stă astăzi *în fruntea ţărilor* larg dezvoltate în ce priveşte tracţiunea electrică. Astfel, la sfîrşitul anului 1960 lungimea reţelelor de cale ferată a fost în U.R.S.S. de 13 700 km, în S.U.A. de 3 000 km, iar în R.F.G. de 3 600 km.

La aceste rezultate U.R.S.S. a ajuns prin traducerea în viaţă a hotărîrilor Congresului al XX-lea al P.C.U.S. referitoare la reconstrucţia tehnică a transporturilor.

În continuare, conferenţiarul a arătat în ce constă reconstrucţia tehnică a tracţiunii electrice, modul cum locomotivele electrice sînt folosite în mod eficient, accentul care s-a pus pe construcţia locomotivelor electrice cu parametri superiori, politica de formare a cadrelor.

În încheiere s-au prezentat scheme ale echipamentului de tracţiune de cel mai nou tip utilizat în U.R.S.S., şi anume : metroul din Moscova, tramvaiul electric, troleibusul şi locomotiva electrică H-60.

De asemenea, s-a prezentat schema electrică a substaţiei de tracţiune Ojerele, care alimentează atît o reţea de tracţiune de 3 300 V curent continuu, cît şi o reţea de tracţiune de 22 kV curent alternativ monofazat.

Într-un număr viitor al revistei se va publica textul integral al conferinţei.

GH. H

Tendinţe noi în dezvoltarea iluminatului public

CZ 061.3 (498.11) : 621.32

În ziua de 19 decembrie 1961 a avut loc o interesantă sesiune tehnico-ştiinţifică cu tema „Tendinţe noi în dezvoltarea iluminatului public", organizată de filiala regională Bucureşti ASIT, cu sprijinul comitetului secţiei energetică-electrotehnică şi al Consiliului Central ASIT.

După cuvîntul de deschidere, rostit de tov. ing. Gh. Panaitescu, preşedintele secţiei energetică-electrotehnică a filialei, în care s-a scos în evidenţă importanţa problemelor de iluminat modern, s-au prezentat următoarele referate :

1. Prof. dr. ing. Avramescu A. : „*Bazele fizice ale iluminatului modern*".
2. Fizician Macrin Gh. : „*Surse moderne de lumină*".
3. Ing. Brill I. : „*Iluminatul fluorescent în interiorul construcţiilor civile şi industriale*".
4. Ing. Vîlciu C. şi Stavrescu A. : „*Iluminatul extern*".

Pe marginea acestor referate s-au pus întrebări şi s-au purtat discuţii animate, care au contribuit la lămurirea şi

completarea problemelor expuse. Din aceste discuţii a reieşit interesul deosebit al inginerilor şi tehnicienilor pentru problemele iluminatului cu lămpi fluorescente, care reprezintă în această materie ultimul cuvînt al tehnicii moderne.

O parte din materialul prezentat s-a publicat în nr. 9/1961 al revistei, iar o altă parte urmează a fi publicată într-un număr viitor al revistei noastre.

A.A.

Sesiunea tehnico-ştiinţifică de la Uzinele „Electroputere"

CZ 061.3 (498.21) : 621.32

În zilele de 15—16 decembrie 1961 s-a defăşurat, în sala de conferinţe a uzinelor „Electroputere"-Craiova, o sesiune tehnico-ştiinţifică organizată de cercul ASIT „Electroputere", în colaborare cu comitetul sindical al uzinelor.

Cuvîntul de deschidere, rostit de tov. ing. Vladimir Popovici, a subliniat marile progrese realizate în uzină de către inginerii, tehnicienii şi muncitorii calificaţi pe linia introducerii tehnicii moderne şi a aplicării neîntîrziate a rezultatelor cercetărilor ştiinţifice. În acelaşi timp, vorbitorul a arătat importantele sarcini care mai stau în faţa colectivului din acest punct de vedere.

Au urmat 26 de comunicări, ale căror autori şi titluri sînt redate în continuare :

1. Ing. V. Popovici : *„Îmbunătăţirea calităţii maşinilor electrice rotative"*.
2. Ing. V. Stanciu, St. Grosu şi D. Ţogui : *„Principii noi de proiectare şi construcţie la transformatoarele de mare putere de la uzinele „Electroputere"*.
3. Ing. A. Enăchescu şi W. Wagner : *„Probleme noi tehnice şi de fabricaţie la L.D.E"*.
4. Ing. B. Mathe şi V. Stanciu : *„Probleme actuale de construcţie şi de fabricaţie a întreruptoarelor de înaltă tensiune în ţara noastră — studiu"*.
5. Ing. N. Păduraru : *„Utilizarea răşinilor sintetice de turnare în construcţia transformatoarelor de măsură în etapa actuală şi în perspectivă"*.
6. Ing. St. Grosu : *„Consideraţii cu privire la construcţia autotransformatoarelor de mare putere pentru reglajul sub sarcină al tensiunii"*.
7. Ing. M. Băltănoiu şi S. Şontea : *„Experimentări privind influenţa temperaturilor scăzute la oţelurile-carbon destinate construcţiilor metalice L.D.E"*.
8. Ing. D. Cîrstea, Gh. Hurduc şi ing. Gh. Manole : *„Consideraţii asupra încercării motoarelor şi generatoarelor de tracţiune."*
9. Ing. D. Costina şi B. Mathe : *„Consideraţii asupra încercărilor de impuls la tensiune ale maşinilor electrice rotative"*.
10. Ing. V. Stanciu şi D. Ţogui : *„Probleme legate de introducerea în fabricaţie a tablei laminate la rece"*.
11. Ing. St. Grosu : *„Procedee noi pentru reglajul sub sarcină al tensiunii la transformatoare"*.
12. Ing. D. Cîrstea şi V. Ţenescu : *„Cercetări experimentale privind răcirea transformatoarelor de putere"*.
13. Ing. M. Dănescu şi C. Burdulea : *„Experienţa obţinută în protecţia climatică a produselor la uzinele „Electroputere"*.
14. Ing. V. Popovici : *„Instalaţia de compoundare pentru bobine"*.
15. Ing. C. Ionescu : *„Tablouri de comandă automată pentru maşini sincrone şi asincrone de joasă tensiune asimilate în uzinele „Electroputere"*.
16. Ing. Gh. Galbenu, O. Drăgănescu şi A. Cîmpeanu : *„Metode noi de încercare la sarcină nominală a maşinilor rotative de curent alternativ"*.
17. Ing. D. Martinescu : *„Cameră climatică tip UEPC"*.
18. Ing. St. Ogrezeanu, B. Mathe şi A. Pănoiu : *„Metode şi scheme pentru ridicarea caracteristicilor mecanice la întreruptoarele de înaltă tensiune"*.
19. Ing. C. Tudorache : *„Folosirea răşinilor epoxidice în construcţia întreruptoarelor de înaltă tensiune"*.
20. Ing. O. Drăgănescu şi Gh. Galbenu : *„Consideraţii asupra unei metode noi de determinare pe cale experimentală a caracteristicii $c = f(n)$ la maşinile de curent alternativ"*.
21. Ing. N. Simonetti : *„Cercetări experimentale privind proprietăţile fizico-chimice şi tehnologice ale răşinilor de turnare"*.
22. Ing. V. Simanschi şi S. Stamate : *„Seria unitară de maşini asincrone de protecţie* P—21 *şi* P—22".
23. Ing. N. Cristea : *„Seria unitară de maşini sincrone"*.
24. Ing. C. Rădulescu, I. Năzdrăvan şi M. Şarpe : *„Seria de transformatoare cu înfăşurări de aluminiu* de la 100 *la* 1 600 kVA *şi plnă* la 35 kV".
25. Ing. G. V. Pop şi St. Grosu : *„Date comparative privind sudarea cu arc electric de la o sursă de curent alternativ cu frecvenţă mărită* (150 Hz), *cu frecvenţă industrială* (50 Hz) *şi cu curent continuu"*.
26. Ing. V. Popovici şi E. Mîrzan : *„Realizări în domeniul autoutilării la uzinele „Electroputere"*.

Sesiunea s-a bucurat de atenţia unui numeros auditoriu de ingineri, tehnicieni şi fruntaşi în producţie, care au luat parte şi la discuţii. Lucrările se vor publica şi difuza în cercurile de specialitate.

A.A.

REFERATE

621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 537.212.001.57 ; 621.3.013.2

Otto, R. **Determinarea cîmpurilor electrice şi magnetice cu ajutorul modelelor** (Bestimmung elektrischer und magnetischer Felder an Hand von Modellen). În : Frequenz, **15**, 1961, nr. 10, p. 309–315, 11 fig., 15 ref. bibl.

Cîmpurile de potenţial electrice şi magnetice umplu spaţiul după aceeaşi lege ; de aceea ele pot fi reprezentate prin aceleaşi modele. La cîmpuri plane, o membrană elastică reproduce riguros alura muntelui de potenţial în interiorul condiţiilor la limită date. În afară de acest model mecanic se utilizează adesea, pentru modelare, medii cu conductibilitate electrică, de exemplu baia electrolitică. Pentru cîmpuri plane este suficient un strat de lichid cu mică înălţime, iar pentru cîmpuri spaţiale cu simetrie de rotaţie, un strat de lichid în formă de pană. Cîmpurile plane pot fi modelate foarte comod pe folii rezistive,respectiv pe hîrtie rezistivă. Grătarele rezistive permit chiar reproducerea fără electrolit a cîmpurilor spaţiale. La direcţie iniţială şi viteze date, curbele traiectoriilor electronilor pot fi determinate chiar pe model. Prin domenii de conductibilitate diferite sau comandate pot fi modelate constante dielectrice şi permeabilităţi mai mari sau neliniare.

A. S.

CZ 621.3.047.6 ;534.1

Binder, K. **Influenţa vibraţiilor mecanice proprii ale periilor de cărbune asupra comutaţiei.** În : Elektr. Z.–B, **13**, 1961, nr. 10, p. 274–277.

Vibraţiile mecanice ale periilor de cărbune care provoacă un fişiit, şi prin aceasta o modulaţie a rezistenţei de contact, sînt într-o largă măsură independente — din punct de vedere al frecvenţei – de turaţia sau încărcarea maşinii. Ele sînt redate şi grafic prin oscilogramele curentului i_L respectiv ale tensiunii U_{LB}*. Chiar la variaţii mari ale încărcării şi turaţiei maşinii, frecvenţa acestor vibraţii se menţine între 8 şi 12 kHz. Cifra este confirmată şi de un calcul, după o formulă care dă frecvenţa proprie transversală a periei de cărbune.

Sînt arătate apoi două cauze care provoacă vibraţiile şi zgomotul (fişiitul) periilor, precum şi oscilogramele mărimilor electrice i_L, U_{LB} şi $U_{LB} = f(i_L)$, în funcţie de variaţia rezistenţei de contact dintre perie şi lamela comutatorului. În oscilograme se văd diferenţele dintre cazul cînd rezistenţa de contact este constantă şi cazul în care această rezistenţă variază.

Pentru demonstrarea pur teoretică (matematică) a comportării comutaţiei, se construieşte schema echivalentă a circuitului prin punctul de contact între perie şi lamelă. Pentru simplificare se fac anumite presupuneri justificate. De exemplu, pentru timpul scurt al întreruperii contactului dintre perie şi lamelă se consideră că tensiunea în gol a contactului —identică cu tensiunea indusă în bobina comutată — este constantă. De asemenea, se neglijează rezistenţa ohmică a punctului de contact şi a bobinei, considerîndu-se doar rezistenţa interioară care este inductivă. Din schema echivalentă de mai sus se deduce ecuaţia diferenţială a momentului întreruperii, care este rezolvată pe cale grafică după procedeul izoclinelor. Această integrare grafică arată pentru diferite valori ale gradului de modulaţie (ale rezistenţei de contact) variaţia curentului şi a tensiunii în timpul comutaţiei.

Articolul se încheie cu discuţii privind cazuri speciale, cum ar fi producerea arcurilor electrice de comutare la turaţii mari, variaţia vibraţiilor în funcţie de calitatea periilor etc.

Gh. C.

* Dintre perie şi lamela comutatorului.

621.313 *Maşini electrice*

CZ 621.313.322—81.017.7

Grünewald, J. **Turbogeneratoare moderne mari şi răcirea lor** (Moderne Grossturbogeneratoren und ihre Kühlung). În : Schweiz techn Z. **58**, 1961, nr. 23, p. 469–474, 5 fig., 6 ref. bibl.

După un scurt istoric al evoluţiei istorice a turboalternatoarelor, se expun diferiţi factori care determină puterea unitară a acestor maşini. Pornind de la ecuaţia pentru dimensionarea unei maşini electrice :

$$S = K \cdot B_m = H \cdot D^2 \cdot l_i \frac{n}{60},$$

se determină influenţa mărimilor mecanice — diametrul D şi lungimea l_i — şi a valorilor electrice — amperspirele pe cm H şi densitatea maximă a plusului în întrefier B_m. Limitele pentru diametru şi lungime sînt date pe de o parte de solicitările mecanice ale rotorului şi pe de altă parte de greutatea şi dimensiunile statorului. Amperspirele şi densitatea de flux sînt limitate de pierderile şi de încălzirea maşinii. Mărirea puterii nu este posibilă decît printr-o răcire mai intensă. Pentru maşinile răcite cu aer există o putere-limită care nu poate fi depăşită : la 50 Hz ea este de circa 80–100 MVA. Hidrogenul la presiunea de 1 at nu este inferior aerului în privinţa răcirii, ci ca randament (pierderile superficiale prin frecare şi pierderile de ventilaţie sînt circa 1/10 din aceleaşi pierderi pentru aer). Mărind presiunea, hidrogenul devine un mediu de răcire mult mai bun decît aerul. Se adoptă în turbogeneratoarele moderne răcirea directă cu hidrogen. Pentru rotoare, conductoarele alese sînt ţevi de cupru. Pierderile superficiale de frecare şi cele de ventilaţie cresc desigur prin mărirea presiunii, dar rămîn convenabile din punct de vedere economic şi termic. În stator, problema răcirii directe a cuprului este mai grea decît la rotor : tensiunile sînt mult mai mari. Pentru evacuarea căldurii, uleiul sau apa sînt superioare hidrogenului (din cauza greutăţii specifice). Pentru hidrogen, viteza în canalele de răcire pentru un bun rezultat trebuie să fie foarte mare (40–50 m/s). Ventilatorul devine în aceste condiţii foarte mare. Soluţia cea mai modernă este răcirea cu hidrogen a rotorului şi cu lichid a statorului.

A. S.

621.317 *Măsurări electrice*

CZ 621.317.333.83

Gerhard, F. **Măsuri de curent de trăsnet pe modele reduse.** În : ETZ – A, **82**, 1961, nr. 9, p. 265–272, 18 fig., 12 ref. bibl.

Se pot studia efectele pe care le produc curenţii de trăsnet pe un model redus.

Pentru a putea compara concluziile, autorul ia o anumită formă a curentului de trăsnet, deşi variaţia naturală a acestuia are loc în limite mari.

La începutul articolului se dau caracteristicile undei curentului de trăsnet şi probabilităţile de depăşire a acestora ; în consecinţă se stabileşte tipul undei la diferenţă a două exponenţiale, dîndu-se parametrii acestora.

Se descriu şi se prezintă instalaţia de impuls de curent utilizată, elementele fizice utilizate şi rezultatele grafice obţinute. Sînt descrise de asemenea acţiunile termice şi dinamice ale curentului de trăsnet şi modul cum acestea pot fi analizate pe model.

Se dezvoltă calculele corespunzătoare pentru utilizarea modului pentru a studia fenomenele care au loc într-o instalaţie reală modelată.

P. B.

CZ 621.317.334

Satki, N. M., **Aparat pentru măsurarea impedanţelor.** În: Izvestia vîsşih ucebnîh, zavedenii, Elektromehanika, U.R.S.S., nr. 7, 1961, p. 77–83.

Recent a fost realizat un aparat pentru măsurarea impedanţelor. Totodată, aparatul permite măsurarea rezistenţelor, inductanţelor şi capacităţii lor, iar măsurătorile fiind aproape complet automatizate se pot desfăşura — după realizarea schemei de măsurare — fără intervenţia experimentatorului.

Aparatul se compune dintr-un circuit de măsurare a modulului impedanţelor şi un circuit pentru determinarea argumentului. Funcţionarea aparatului echipat cu tuburi electronice se bazează pe proprietăţile „vectometrului cu reacţie". În articol se analizează construcţia şi modul de funcţionare a noului aparat. Măsurătorile se pot face într-un timp scurt — fără a se face calculele intermediare — întrucît rezultatele experimentelor se pot citi direct. Apoi se arată erorile posibile de măsurare şi influenţa pe care o poate avea forma curbei de tensiune asupra preciziei de funcţionare a aparatului. În încheiere se indică aplicaţiile practice ale aparatului, şi se arată că folosirea lui — în cazul măsurării impedanţelor nesimetrice din diverse instalaţii electrice — conduce la verificarea calculelor efectuate şi la eliminarea erorilor care intervin datorită atît relaţiilor aplicate, cît şi datelor iniţiale adoptate în calcul.

C.A.

CZ 621.317.334:538.632

Prudnicov, I. N., Mazurov, M. E. şi *Andreev, V. S.* **Aplicaţiile tehnice ale traductoarelor tip Hall.** În: Izmeritelnaia tehnika, U.R.S.S., nr. 7, 1961, p. 36–37, 2 fig., 6 ref. bibl.

Printre aplicaţiile tehnice ale traductoarelor realizate pe principiul efectului Hall se numără şi măsurarea inducţiei în întrefierul miezurilor din materiale feromagnetice. Traductoarele de t.e.m. Hall cu semiconductoare au o sensibilitate de cîteva ori mai mare decît a traductoarelor construite pe alte principii. Pentru măsurarea inducţiei se introduce traductorul Hall în întrefierul miezurilor din materiale feromagnetice, iar pe ecranul unui osciloscop electronic se poate urmări tocmai identitatea ce se realizează între relaţia care leagă t.e.m. Hall — la ieşirea din traductor — cu valoarea curentului din bobinajul de magnetizare a miezului, şi relaţia dintre inducţie şi intensitatea cîmpului magnetic. Această metodă de măsurare se aplică fără dificultăţi în practică şi este recomandată pentru alegerea miezurilor din materiale feromagnetice. Extinderea metodei de determinare a curbei de magnetizare în domeniul frecvenţelor înalte şi foarte înalte este posibilă şi justificată de faptul că traductoarele de t.e.m. Hall sînt elemente a căror inerţie poate fi neglijată din punct de vedere practic.

C.A.

621.318.2 *Materiale magnetice*

CZ 621.318.22.017,3

Gevers, M. şi *de Lannoy, J.* **Les tôles magnètiques** (Tolele magnetice). În: Revue E, 3, 1961, nr. 7, p. 279–293, 17 fig.

O scurtă punere la punct a situaţiei prezente a concepţiilor teoretice şi a realizărilor industriale în domeniul tolelor pentru transformatoare şi maşini electrice. Deşi într-o prezentare uşor de urmărit, articolul este complet. După o introducere istorică, trece în revistă proprietăţile fizice ale materialelor magnetice, în lumina cunoştinţelor celor mai recente. Se explică, de exemplu, efectul contrar asupra pierderilor a atomilor de Si şi a acelor de N. Se arată, de asemenea, efectul dăunător al tensiunilor interne, adesea provenite din lipsa de planitate a tolelor şi ameliorarea adusă de recoacere. Bineînţeles, se insistă mult asupra tolelor cu granulaţia simplu orientată, în direcţia laminării, sau dublu orientală în două direcţii perpendiculare una asupra celeilalte (dacă se poate obţine). Anumite brevete arată o cristalizare care ar fi foarte utilă pentru maşinile electrice rotative, pentru că parţial direcţia de magnetizare este grea şi supărătoare mai ales la tolele laminate la rece cu granulaţia simplu orientată. Se arată mai multe reprezentări grafice şi curbe ale pierderilor şi permeabilităţii, în funcţie de unghiul făcut cu direcţia laminării. Se expune modul în care, în prezent, se stabilesc pierderile, permeabilitatea şi îmbătrînirea.

Urmează un studiu economic asupra aplicării ultimelor ameliorări ale materialelor magnetice la transformatoare.

Pentru viitor, se constată că tolele cu granulaţie orientată, după ce s-au impus în construcţia transformatoarelor, tind să-şi deschidă un vast cîmp de aplicaţie în construcţia maşinilor electrice rotative. Deoarece succesul noului produs nu se datorează numai orientării granulaţiei, ci şi fabricării în formă de benzi bobinate şi planităţii suprafeţei, necesităţile concurenţei au avut ca urmare oferirea tolei neorientată, laminată la cald, tot în formă de bobine.

H.A.

RECENZII

CZ 621.313.17

Marinescu, M. **Asupra unui nou motor electric cu mişcare alternativă.** În: Gen. Électr., 1961, nr. 9,

Articolul cuprinde expunerea unei teorii asupra unui nou tip de motor electric, realizat de autor în stadiul experimental, cu perspective de aplicare industrială.

În capitolul introductiv se precizează importanţa practică a realizării unui motor electric cu mişcare de piston obţinută direct prin alimentare de la reţeaua de curent alternativ, actualele sisteme folosind în acest scop transformarea mişcării de rotaţie în mişcare alternativă, prin mecanisme.

În capitolul al II-lea este descrisă experienţa care pune în evidenţă principiul de funcţionare a noului motor; aceasta constă în alimentarea unui electromagnet solenoidal cu curent ondulat obţinut prin suprapunerea unei componente de curent continuu, obţinut prin redresare, componentei alternative a curentului.

În capitolul al III-lea se procedează la o analiză matematică a procesului de transformare a energiei electrice în lucru mecanic, în cazul alimentării în curent ondulat, pornind de la ecuaţiile diferenţiale ale circuitului electric şi ale sistemului mecanic cuplat; se arată deosebirea dintre metoda de rezolvare propusă de autor şi metoda clasică. Astfel, în timp ce metoda clasică porneşte de la legea variaţiei sinusoidale a inductanţei şi calculează curentul, autorul porneşte de la variaţia sinusoidală a curentului pentru a determina, prin cvadratură simplă, legea de variaţie a inductanţei.

În capitolul al IV-lea şi al V-lea se calculează legea de variaţie în timp a inductanţei şi se interpretează rezultatul, în special în ceea ce priveşte asimetria acestei legi — asimetrie graţie căreia se poate obţine lucru mecanic.

În capitolul al VI-lea se calculează viteza armăturii mobile, care se găseşte a fi sinusoidală şi cu frecvenţa egală cu jumătate din frecvenţa curentului de alimentare.

În capitolul al VII-lea se calculează puterea dezvoltată de electromagnet în funcţionarea ca motor.

În capitolul al VIII-lea se deduce legea de variaţie statică a inductanţei cu poziţia armăturii, care se dovedeşte a fi o curbă în formă de clopot. Cu cît curba reală ridicată experimental se apropie mai mult de cea stabilită teoretic, cu atît rezultatele teoriei corespund mai exact realităţii fizice.

În capitolele al IX-lea şi al X-lea se trece la calculul regimului oscilant în cazul ideal, stabilindu-se formule de trecere de la parametrii derivaţi la parametrii primari ai electromagnetului. Se stabilesc astfel curbe universale a căror construcţie se face pornind de la parametrii primari ai electromagnetului şi care permit urmărirea funcţionării motorului şi determină condiţiile optime în ceea ce priveşte randamentul şi factorul de putere. Se stabilesc trei regimuri de funcţionare, cu factor de putere inductiv, unitar şi capacitiv.

În capitolele al XI-lea, al XII-lea şi al XIII-lea se calculează forţa electromotoare aplicată, randamentul şi factorul de putere pentru funcţionarea în condiţiile predeterminate.

Lucrarea se încheie cu capitolele al XIV-lea, privind verificări experimentale, şi al XV-lea de concluzii. Ea mai cuprinde două anexe de calcul.

M. M.

SCURTE ŞTIRI DIN STRĂINĂTATE

Baterii solare

O cercetare ştiinţifică importantă a fost întreprinsă de către savanţii sovietici într-o direcţie nouă: descoperirea unui procedeu de transformare directă a energiei solare în energie electrică.

Bateria cu semiconductoare care transformă radiaţiile solare în energie electrică s-a realizat la Institutul fizico-tehnic al Academiei de Ştiinţe din Uzbekistan.

Heliotehnicienii din Taşkent au reuşit, în colaborare cu Institutul de energetică din Moscova, să învingă „bariera puterii" — randamentul mediu al elementelor de siliciu. Pe principiul nou de iradiere concentrată a semiconductoarelor de siliciu s-au realizat baterii de semiconductoare de siliciu în suprafaţă totală de 10 m², care debitează o putere de 5 kW, suficientă pentru a alimenta un electromotor al staţiei de pompare a apei sau un acumulator care poate ilumina în cursul nopţii un sat.

Din Gudok, nr. 265, 10.XI.1961.

Volga şi Kama — fluvii energetice

Pe Volga şi pe afluentul său principal Kama este planificată ridicarea a 13 mari uzine hidroelectrice şi o serie de alte construcţii hidroelectrice. Pînă în prezent s-a terminat construcţia a şapte noduri hidraulice la Ivanikovsk, Uglicisk, Rîbinsk, Gorikovsk, Kuibîşev, Volgograd şi Perm. În construcţie sînt nodurile de la Votkinsk şi Saratov.

Preţul de cost al energiei furnizate de aceste uzine hidroelectrice este de 0,12 copeici/kWh, adică de 6—7 ori mai mic în comparaţie cu preţul de cost al energiei furnizate de actualele uzine termoelectrice.

Din Pravda, nr. 339, 4.XII.1961.

Televiziunea se extinde rapid în Urali

Cu un an înainte de termen s-a dat în exploatare o puternică staţie de retransmisie de televiziune în satul Barancinsk de pe muntele Siniaia. Raza ei de acţiune este de 120 km. În prezent mii de muncitori din raionul industrial Tighilo-Kuşvinsk vizionează emisiunile studiourilor de televiziune din Sverdlovsk şi Perm. În oraşele şi satele Uralilor meridionali se aprind seara 160 000 de ecrane ale televizoarelor.

Din Pravda, nr 332, 27.XI.1961.

*

Transmisia din adîncime se efectuează cu ajutorul unei instalaţii originale de fototeleviziune cufundată în sondă, creată de un grup de lucrători ai Institutului electrotehnic de telecomunicaţii din Leningrad.

Din Pravda, nr. 326, 21.XI.1961.

O secţie-gigant

La Fabrica de redresoare cu mercur din Stavropol (Regiunea Kuibîşev) se construieşte pe o întindere de 70 000 m², o secţie care va livra transformatoare puternice. Construcţia va fi aproape în întregime din beton armat. Toate elementele de asamblare pentru această secţie sînt livrate de întreprinderile locale de produse din beton armat „Glavenergostroiprom" ale Ministerului de Construcţie a Uzinelor Electrice din U.R.S.S.

Din Izvestia, nr. 284, 1.XII.1961.

Uzina atomoelectrică Novo-Voronej

Constructorii Uzinei atomoelectrice din Novo-Voronej lucrează intens la montarea utilajului. S-a terminat montajul turbinei a doua şi în prezent se munceşte cu mult avînt la montarea turbinei a treia.

Din Gudok, nr. 283, 1.XII.1961.

Uzina termoelectrică unitară

În zilele sărbătoririi celei de-a 44-a aniversări a Mării Revoluţii Soialiste din Octombrie în Azerbaidjan, în apropiere de Ali-Bairamla, a intrat în funcţiune primul energobloc al unei uzine termoelectrice unitare.

La uzinele electrice obişnuite, pentru montarea cazanelor-agregate moderne se construiesc clădiri cu înălţimi de pînă la 12—13 etaje. Uzina termoelectrică din Ali-Bairamla este de tip deschis; toate utilajele sînt montate în aer liber. Pentru alimentarea uzinei electrice cu apă şi pentru răcirea turbinelor, pe malul rîului Kura s-a construit o staţie de pompare.

În scurt timp, cele patru turbogeneratoare ale acestei uzine vor fi date în exploatare. Puterea totală a primei etape este de 600 MW.

Din Gudok, nr. 270, 16.XI.1961.

Uzina electrică din Siekierki

La 1 decembrie 1961 s-a făcut pornirea de probă a primei turbine, cu puterea de 50 MW, instalată la Uzina termoelectrică din Siekierki. După efectuarea tuturor probelor necesare, turbina a fost conectată la reţea.

Din Trybuna Ludu, nr. 341, 11.XII.1961.

Uzina electrică din Skawina a început să lucreze normal

La 13 decembrie 1961 s-a dat în funcţiune al şaptelea turbogenerator, cu o putere de 50 MW, la Uzina electrică din Skawina — cea mai mare uzină din R.P. Polonă. O dată cu aceasta s-au terminat lucrările de construcţie şi montaj ale acestei uzine, care a atins puterea de 551,5 MW. Construcţia din Skawina, efectuată într-un termen relativ scurt, nu a depăşit cinci ani; darea în termen în exploatare a ultimului turbogenerator, furnizat de întreprinderea cehoslovacă „Skoda", va reduce lipsa de energie electrică la vîrful de consum din iarnă.

Din Trybuna Ludu, nr. 344, 14.XII.1961.

Un turbogrup de 125 MW în R.P. Polonă

La 14 decembrie 1961, întreprinderea „Karol Swierczewski-Zamech" din Elblag a reuşit, după încercările efectuate cu succes la începutul lunii, să dea în funcţiune cea mai mare turbină fabricată în R.P. Polonă, cu o putere de 125 MW.

Din Trybuna Ludu, nr. 344, 14.XII.1961.

Din progresele industriei electrotehnice a U.R.S.S.

În anul 1960, volumul producţiei industriei electrotehnice sovietice a crescut în raport cu cel al anului 1955, de 2,4 ori, şi anume:

— generatoare pentru turbinele de abur hidraulice şi gaze — de 1,75 ori;

— maşini electrice mari — de 2,25 ori;

— materiale electrotehnice — de circa 1,8 ori;

— transformatoare de forţă — de circa 2,5 ori;

— locomotive electrice pentru linii principale — de 2 ori;

— cuptoare electrice de înaltă tensiune — de circa 4,3 ori;

— cuptoare electrice de joasă tensiune — de circa 4,5 ori.

*

În perioada 1955—1961 s-au produs turbogeneratoare cu răcire cu apă şi hidrogen avînd o putere pe unitate de 200 şi 300 mii kW, greutatea turbogeneratoarelor de 300 mii kW fiind egală aproximativ cu greutatea unui turbogenerator de 150 mii kW fabricat pînă în anul 1955, randamentul unui asemenea agregat al centralei electrice depăşind cu 15—19% randamentul unor agregate de 100 mii kW.

*

În domeniul construcţiilor de hidrogeneratoare, U.R.S.S. ocupă primul loc în lume, fabricînd cele mai mari şi mai puternice hidrogeneratoare. A început fabricarea hidrogeneratoarelor cu o putere de 225 MW pentru hidrocentrala de la Bratsk.

*

În anul 1960 s-a terminat elaborarea proiectului tehnic al unui hidrogenerator

cu o putere de 500 mii kW pentru hidroelectrocentrala de la Krasnoiarsk, unde pentru prima dată în lume se foloseşte procedeul răcirii directe cu apă a înfăşurării statorului combinat cu răcirea cu aer a înfăşurării rotorului.

*

S-a însuşit producţia transformatoarelor trifazate pînă la 240 mii kVA şi pentru tensiuni de 110, 220 şi 300 kV. Pierderile de energie în aceste transformatoare s-au redus, în comparaţie cu cele ale transformatoarelor monofazate, cu 10—11 %, iar consumul de materiale s-a redus cu 30—31 %.

*

La uzina „Elektroapparat" a fost confecţionat, pentru prima oară, un transformator experimental de curent cu izolaţie similară cu cea utilizată la cabluri şi condensatoare pentru 500 kV şi 2 000 A.

*

Industria electrotehnică sovietică a elaborat şi a confecţionat dispozitive de acţionare electrică pentru spărgătorul de gheaţă atomic „Lenin", excavatoare cu capacitatea cuvei de 25—35 m³, excavatoare rotorice de 3 000 m/h, motoare electrice pentru laminarea cu putere de 7 500 kW, acţionări electrice automatizate şi utilaj electric complex pentru laminoare şi pentru cuptoare electrice cu putere de 12 500 kVA pentru topit aliaj din fier.

*

Pentru transportul pe căile ferate sovietice s-au construit cele mai puternice şi economice locomotive electrice şi termice prevăzute cu cel mai modern utilaj electric. Se foloseşte, pe o scară largă, tracţiunea electrică cu curent alternativ pentru tensiunea de 25 kW.

Vestnik elektropromişlennosti, nr. 10, 1961

Cea mai lungă magistrală de cale ferată electrică din lume

S-a terminat victorios munca eroică a electrificatorilor celei mai mari magistrale de cale ferată de pe glob — magistrala Transsiberiană. În ajunul deschiderii celui de-al XXII-lea Congres al P.C.U.S. s-a făcut joncţiunea liniilor de contact pe ultimul sector şi pe întreaga distanţă, de 5 467 km, care trebuie parcursă de la Moscova pînă la Baical, au fost puse în funcţiune trenuri cu locomotive electrice.

Din Gudok nr. 241 din 11.X.1961.

*

În R. S. Cehoslovacă au fost comandate de către guvernul statului Sao Paolo (Brazilia) maşinile pentru o nouă hidrocentrală de 160 MW. Centrala se va construi la Bariri, pe rîul Tete şi va costa 18 milioane dolari.

*

La sfîrşitul primilor zece ani, producţia de energie electrică în Uniunea Sovietică va atinge 900—1 000 miliarde kWh pe an, iar spre anul 1980 — pînă la 2 700—3 000 miliarde de kWh pe an. Pentru ca să ne putem da seama de măreţia acestor perspective, amintim că în anul 1959 toate uzinele electrice din lume au produs circa 2 100 miliarde de kWh pe an.

Din Electricestvo, nr, 10, 1961.

Rezistenţa maşinilor sub apă

Maşinile Uzinei Bacra (India) — care în august 1959, în timpul construcţiei, a fost inundată complet şi acoperită de apă — au stat zile întregi în această situaţie. Bobinajele generatoarelor de cîte 90 MW au fost uscate, trecîndu-se prin ele timp de cîteva săptămîni un curent de joasă tensiune. La sfîrşit bobinele au fost încercate cu 42 kV şi au rezistat perfect.

E.T.Z—B 12, nr, 11, 1960. pag, 272.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂŢEANU, ing. ŞT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Metalurgiei şi Construcţiilor de Maşini. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia şi Administraţia: Bucureşti, Str. Ion Ghica, nr. 3. Raionul T. Vladimirescu. Telefon 13.57.28—14.06.24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamente anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Preţul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor ASIT, precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala „30 Decembrie" Bucureşti. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2. — c. 772.

SOMMAIRE

CD 621.385.83.013.001.2

Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I. : **Mensure des paramètres magnétiques du bêtatron de l'Institut de Physique Atomique de l'Académie de la R.P.R. Distribution radiale de l'index de champ dans le plan médian**

Electrotechnique 10 (1962) 4, 113–119

La distribution radiale de l'indice de champ dans le plan médian de l'entrefer du betatron I.F.A. a été mesurée en utilisant deux bobines sondes et un schéma en pont. On a analysé en détail les erreurs de méthode et de détermination. Les résultats obtenus concordent avec les déterminations préliminaires réalisées sur de modèles. Le schéma de mensuration a été adopté également pour la mensure de la variation dans le temps de l'index de champ.

CD 631.316.53.001.6

Predoiu A. : **Aspects de l'évolution constructives des contacteurs de basse tension, dans l'air ; nouvelles tendances et contributions.**

Electrotechnique 10(1962) 4, 119–135

Après avoir indiqué les multiples domaines d'utilisation des contacteurs, on présente dans ce travail : a) la classification et les caractéristiques des types constructifs connus dans la technique mondiale ; b) les aspects constructifs les plus neufs dans le domaine des contacts des voies de courant des chambres d'extinction et des électroaimants d'action, ensemble avec une série de problémes qu'on n'a pas encore rencontrés dans la littérature de spécialité ; c) une analyse du point de vue de la surface de montage, de certaines séries de contacteurs fabriqués à l'étranger ; d) présentation de la série unitaire des contacteurs réalisés dans notre pays à l'entreprise ,,Electroaparataj''.

CD 621.317.382 :.538.632

Frankel S., I. de Sabata : **La mensuration de la puissance apparente dans les systèmes mono et tryphasique à générateur Hall.**

Electrotehnique 10 (1962) 4, 135–139

On propose la mensuration de la puissance apparente en régime sinusoïdal monophasé ainsi que tryphasé à trois conducteurs et à tensions de ligne symétriques par l'intermédiaire de la composante alternative des tensions de certains générateurs Hall. On indique le schéma des connexions et on donne les résultats expérimentaux qui confirment les possibilités d'application pratique.

Pour le jeune ingénieur

CD 621.311.163 :.621.316.577.067.5.

Banu Gh. ,,**Un dispositif d'enclenchement automatique de la source electrique de réserve (AAR)**

Electrotehnique 10(1962) 4, 140–142

On décrit dans cet article un schéma original de passage automatique d'un système d'éclairage électrique d'une source de travail, sur une autre source de réserve, quand la première est en défaut. Le schéma est aussi complété de la réalisation constructive avec l'appareillage roumain.

Chronique
Documentation
Comptes-rendus
Brèves nouvelles de l'étranger

CONTENTS

DC. 621.385.83.013.001.2

Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I. **Measuring the magnetic parameters of the IFA betatron. The radial distribution of the field Index in the median plane**

Electrotehnica 10(1962) 4, 113–119

The radial distribution of the field index in the median plan of the air gap — of the I.F.A. betatron has been measured using two test coils and a bridge scheme. The errors in method and determination have been analysed in detail. The results obtained agree with the preliminary model determinations. The measurement scheme has also been adopted for measuring the time variation of the field index.

DC. 621.316.43.006.6.

Predoiu A. **:Some aspects concerning the constructive evolution of low tension contactors in the air, new trends and contributions.**

Electrotehnica, 10 (1962) 4, 119–135

After pointing out the manifold utilization fields of the contactors, this paper presents :
a) the classification and characterization of the constructive types known in the world technics ;
b) the newest constructive aspects in the field of contacts, current ways, explosion chambers and drive, electromagnets together with a series of problems not found as yet in the speciality literature ;
c) the analysis of a series of contactors manufactured abroad from the viewpoint of the connection surface ;
d) the presentation of a unitary series of contactors achieved in our country at the ,,Electroaparataj'' enterprise.

DC. 621.317.382.538.632

Frankel D., I. de Sabata : **Measuring the apparent power in the monophasic and triphasic system by means of Hal generators**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 135–139

It is suggested to measure the apparent power in monophasic and triphasic sinusoidal regime with three conductors and symmetrical line tensions by means of the alternative composition of the tensions in some Hall generators. Several connexion schemes are given as well as some experimental results confirming the possibilities of practical application.

The young engineer's guide

DC. 621.311.163 : 316.577.067.5

Banu Gh. : **A device for the automatic coupling of the reserve electric source (AAR).**

Electrotehnica 10 (1962) 4, 140–142

This paper describes an original scheme for automatically passing an electric lighting from a working source to a reserve source when the former gets out of order. The scheme is completed with the constructive features of this device achieved with Rumanian apparatus.

Chronicle
Documentation
Reviews
Brief news from abroad

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.047.2 : 621.315.616

Tarnopolski, I. M. ş.a. **Colectoare de maşini electrice cu corp de material plastic.** În : Vestnik electropromîşlennost., **32,** 1961, nr. 4, p. 22—26, 5 fig. 3 tab., 8 ref. bibl.

CZ 621.313.048 : 621.315.613.1

Caban, W. şi *Rodzinski, W.* **Izolaţii moderne de mică la maşinile pentru tensiuni înalte.** În : Przeglad Elektrotechn., R.P.P., **XXXVII,** 1961, nr. 4, p. 158—160, 3 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.313.2—181.4 : 621.318.2

Mohr, A. W. **Dimensionarea magneţilor permanenţi pentru motoare mici de curent continuu.** În : Elektrotechn. Z (ETZ—A), **82,** 1961, nr. 15, p. 481—485, 9 fig., 1 tab. 2 ref. bibl.

CZ 621.313.2.042.4 : 621.333

Kojevinkov, V. A. şi *Kocinev, A. V.* **Alegerea caracteristicilor întrefierului pentru maşini electrice de curent continuu cu anumite proprietăţi de reglare.** În : Vestnik elektropromîşlennost, **32,** 1961, nr. 4, p. 35—40, 5 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZ 621.313.333.048

Kovacev, A. şi *Ganev, L.* **Studiul rezistenţei la umiditate a izolaţiei motoarelor asinerone.** În : Vestnik elektropromîşlennost, **32,** 1961, nr. 4, p. 45—48, 3 fig.

CZ 621.313.33.048 : 66.047.35

Fedotcv, I.I. ş.a. **O nouă metodă de impregnare şi uscare a bobinajelor statorice ale motoarelor electrice asinerone.** În : Vestnik elektropromîşlennost, **32,** 1961, nr. 4, p. 28—31, 7 fig., 1 tab.

CZ 621.313.332.025.2

Suto Tsugumasa. **Tensiunile remanente anormale în generatoarele de inducţie cu curent alternativ.** În : J. Inst. elect. Engrs. Japan, **80,** 1960, nr. 7, p. 883—887, 7 fig.

CZ 621.313.333.2 : 621.592.35

Reincke, H. **Motor de frînare cu frînă cu magnet permanent.** În : VDI—Z, R.F.G., **103,** 1961, nr. 11, p. 485—488, 20 fig., 3 tab.

CZ 621.314.2 TRANSFORMATOARE

CZ 621.314.21 : 621.317.333.8

Kucera, J. **Rigiditatea la şoc a transformatoarelor de distribuţie.** În : Elektrotechn. obz., C.S.R., **50,** 1961, nr. 4, p. 206—210, 11 fig., 2 tab., 10 ref. bibl.

CZ 621.314.21.001.4 : 621.317.333.8

Rösch, U. **Un procedeu de laborator pentru încercarea transformatoarelor la supratensiune de frecvenţă mărită.** În : Elettrotecnica, **XLVIII,** 1961, nr. 1, p. 27—30, 6 fig.

CZ 621.314.21.001.4 : 621.316.3/7

Csernatony-Hoffer, A. şi *Kárády, G.* **Încercarea la tensiune de şoc a transformatoarelor şi aparatelor electrice.** În : Villamosság, R.P.U., **9,** 1961, nr. 5, p. 113—116, 8 fig., 1 tab.

CZ 621.314.211

Simkovic, F,. şi *Debnar, E.* **Studiul actual al transformatoarelor de mare putere răcite cu aer.** În : Elektrotechnik, R.S.C., **XVI,** 1961, nr. 5, p. 123—125, 6 fig., 8 ref. bibl.

CZ 621.317.2 INSTALAŢII DE LABORATOR, PLATFORME DE ÎNCERCĂRI

CZ 621.317.2 : 061.6 (438)

Krynski, J., Giok, Z. ş.a. **Laboratorul de încercări de scurtcircuit cu curent continuu de pe lîngă laboratorul de aparataje de distribuţie al Politehnicii din Varşovia.** În : Przeglad Elektrotechn., R.P.P., **XXXVII,** 1961, nr. 4, p. 168—169, 4 fig.

CZ 621.317.2.025.027.3

Reiche, W. **Amenajarea laboratoarelor de înaltă tensiune de curent alternativ.** În : Elektrotechn. Z (ETZ—A), **82,** 1961 nr. 12, p. 382—387, 4 fig., 7 tab., 27 ref. bibl.

CZ 621.317.335.2 : 621.319.43.08

Wiessner, W. **Condensator reglabil special pentru măsurarea micilor capacități.** În : Elektrotechn. Z (ETZ-A), **82,** 1961 nr. 19, p. 605—609, 7 fig., 1 tab., 18 ref. bibl.

CZ 621.317 : 621.314.223

Auth, W. **Încercarea la undă de șoc asupra înfășurărilor-serie a autotransformatoarelor protejate cu paratrăsnet în paralel** În : Elektrotechn. Z (ETZ-A), **82,** 1961, nr. 20, p. 641—649 16 fig., 20 ref. bibl.

CZ 621.317.384 : 621.314.21.017

Dänzer, Z. **Măsurarea fluxului de energie într-un transformator cu trei înfășurări.** În : Bull. ASE, **52,** 1961, nr. 1, p. 8—12 8 fig.

CZ 621.317.39 : 531.761 + 531.77

Sattelberg, K. **Metode și mașini analogice și digitale pentru măsurarea timpului și vitezei.** În : Elektrotechn. Z (ETZ-A) **13,** 1961, nr. 14, p. 387—390, 11 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621.317.7.001.4 : 621.316.721

Dodik, S.D. și *Levin, M.I.* **Stabilizatoare electrice cu transistoare pentru alimentarea instalațiilor de control.** În : Izmeritelnaia tehnika, U.R.S.S., 1961, nr. 3, p. 28—30, 1 fig. 2 ref. bibl.

CZ 621.318.2 MAGNEȚI. APLICAȚII INDUSTRIALE

CZ 621.318.2/3 : 621.86.062

List, H. **Electromagneți polarizați pentru reversare și comandă** În : Energie u. techn., R.F.G., **13,** 1961, nr. 3, p. 108—109, 2 fig.

CZ 621.318.3.025 : 531.781

Friedrich, H. **Măsurarea eforturilor de tracțiune asupra electrozilor de curent alternativ pentru contactori în aer.** În Elektrotechn. Z (ETZ-A), **82,** 1961, nr. 11, p. 343—347, 12 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.318.5 : 621 — 503.55

Franck, P. **Relee temporizate și cu program.** În : Rev. Gén. Eléctron., **15,** 1961, nr. 171, p. 33—37, 11 fig.

CZ 621.319.4 CONDENSATOARE

CZ 621.319.4 : 66.047.35

Renne, V. T. și *Varsavski, V. S.* **Influența condițiilor de uscare și impregnare în vid a condensatoarelor de putere cu izolație de hîrtie și ulei, asupra valorii unghiului de pierderi dielectrice.** În : Izvestia vîsșih ucebnîh zavedenii, Energhetika, **4,** 1961, nr. 4, p. 25—29, 7 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.319.4.015.532 „401.76"

Held. W. și *Kunze, R.C.* **Descărcări de ionizare și durata condensatoarelor de forță.** În : Elektrotechn. Z (ETZ—A), **82,** 1961, nr. 11, p. 333—335, 5 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.319.53.029.8

Broadbent, T.E. **Generator de impulsuri de înaltă tensiune** Electr. Rev., Angliè, **168,** 1961, nr. 15, p. 647—651, 6 fig., 9 ref. bibl.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ORSZÁGOS 1883

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultate obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiie luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările materiale vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, anul, numărul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

In scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumare pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei revistei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori, cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimente politice, economice şi tehnice de importanţă mare

Articolele tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu sublinierea importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri la articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura regăsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba română şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

In acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşoare a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de orginalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv şi care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Norme şi standarde constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale)

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificaţie zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

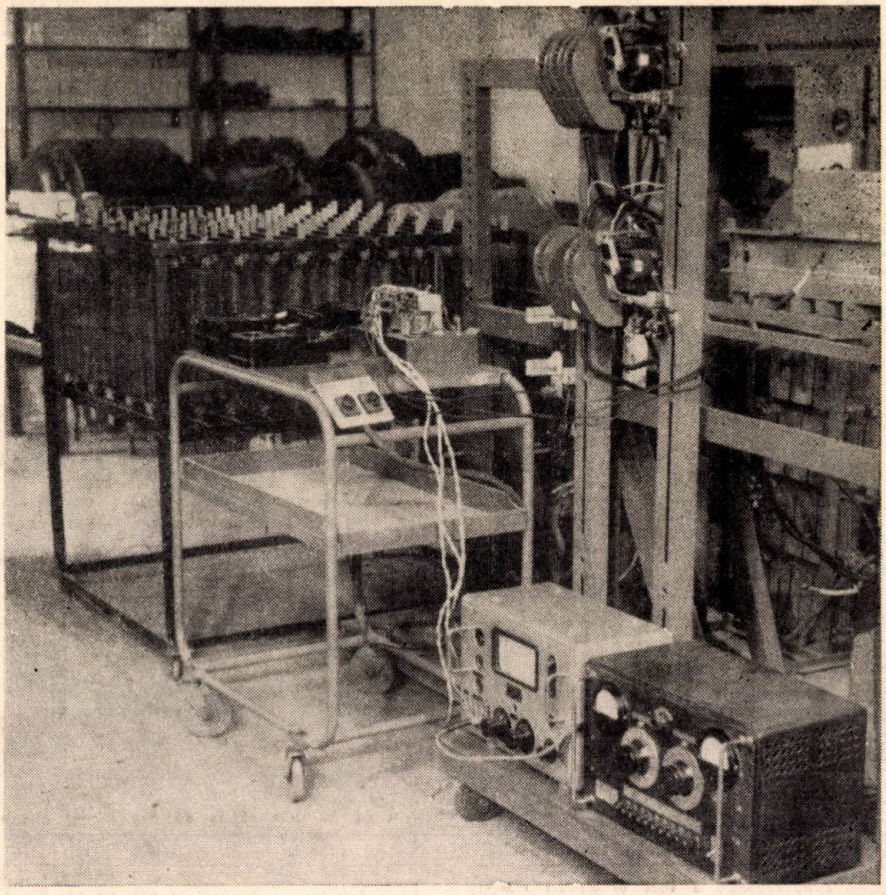
3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

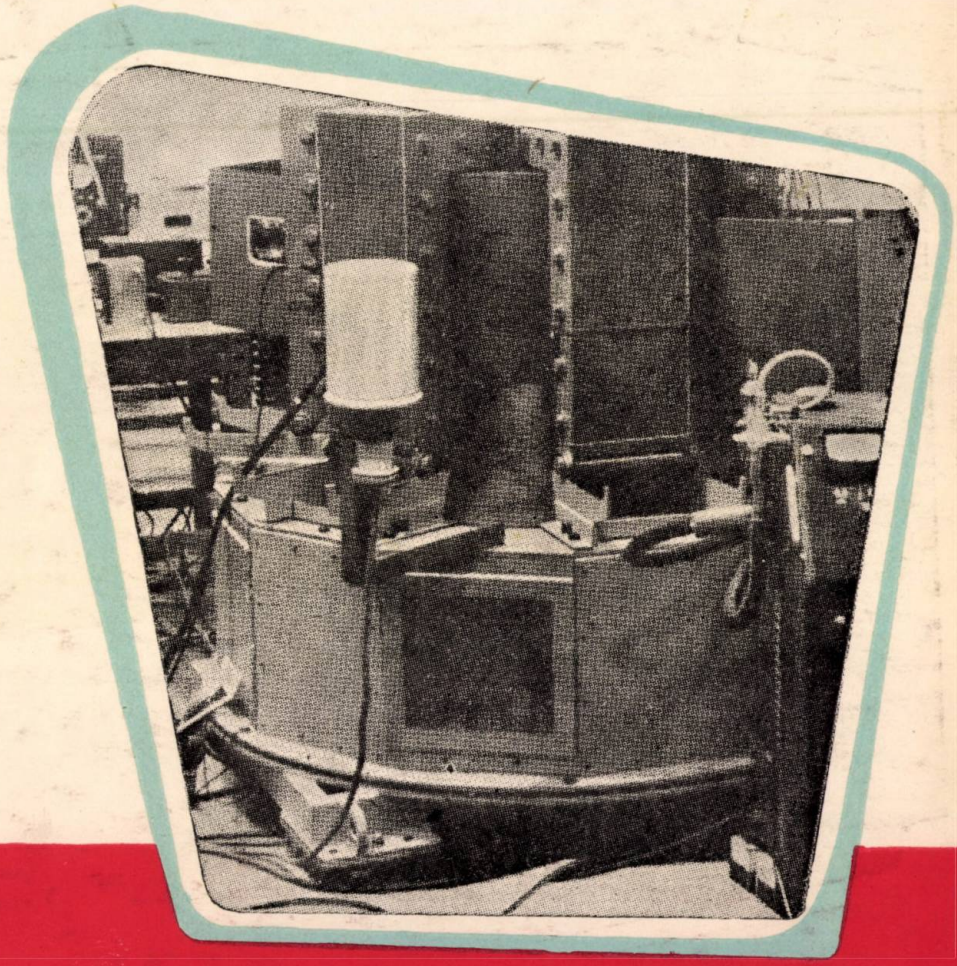
Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.



E 20HO
REFERATIVA
R

ELECTROTEHNICA



5

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 10 ★ nr. 5 ★ p. 153 — 188 ★ mai — 1962

Cumpărați cu încredere radioreceptorul

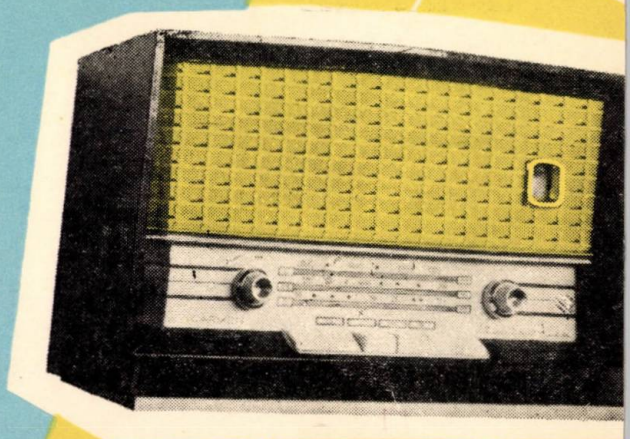
CARMEN

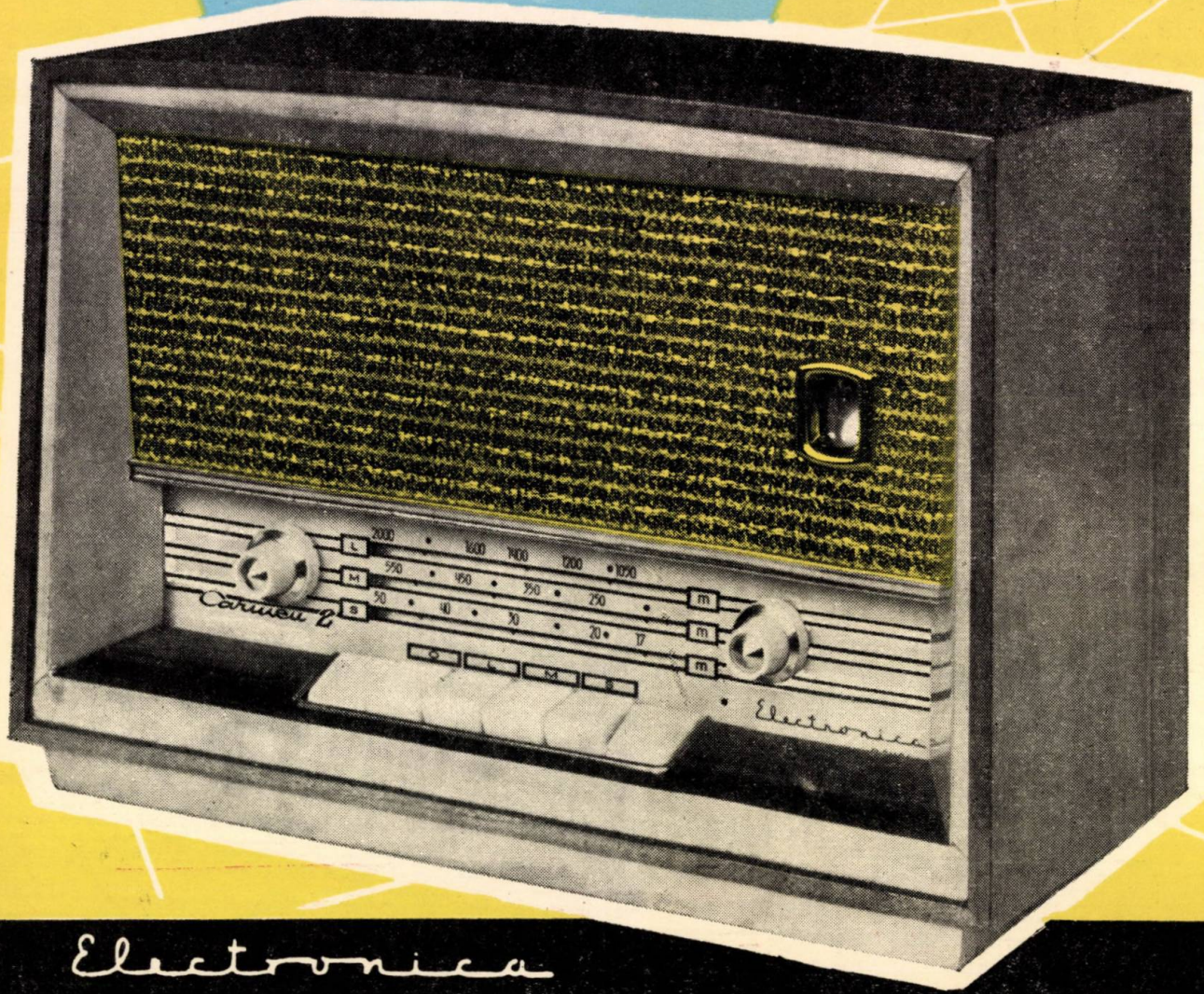
produs al uzinelor „Electronica"

Construit în două variante diferite ca mod de prezentare, pentru a vă da posibilitatea alegerii casetei după preferință.

- **3 + 2 tuburi electronice**
- **indicator optic de acord**
- **difuzor eliptic de 1 VA**

Performanțe excepționale pe toate lungimile de undă, sunet clar, dimensiuni reduse, (350 × 240 × 175 mm), preț convenabil.





Electronica

ÎNTREPRINDERE INDUSTRIALĂ DE STAT PENTRU PIESE ȘI APARATE DE RADIO, TELEVIZOARE ȘI ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ● *București, str. Baicului nr. 82, Raionul 1 Mai* ● *Telefoane: 12.19.40; 12.19.46 12.19.48*

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ELECTROTEHNICA

Anul 10 nr. 5 mai 1962

CUPRINS

CZ 621.33(47)

Horţopan Gh. : **Tracţiunea electrică în U.R.S.S.**

Electrotehnica, **10** (1962) 5, 153—162

Se expun realizările în domeniul tracţiunii electrice în U.R.S.S., în lumina documentelor Congreselor XX, XXI şi XXII ale P.C.U.S. Se subliniază faptul că astăzi U.R.S.S. a întrecut ţările capitaliste cele mai avansate în ce priveşte amploarea tracţiunii electrice ca lungime de linii electrificate şi ca echipament electric. Sînt descrise următoarele realizări : metroul din Moscova, tramvaiul de tip nou, locomotiva H-60 cu ignitroane, o substaţie de tracţiune în curent continuu 3,3 kV şi curent alternativ 22 kV.

CZ 621.385.83 : 621.317.4

Iliescu C., Haltrich Şt., Leibovici I. : **Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R. Măsurarea neuniformităţilor magnetice azimutale**

Electrotehnica, **10** (1962) 5, 162—168

Neuniformităţile magnetice azimutale de amplitudine şi de fază au fost măsurate cu cîte o pereche de bobine-sondă, una fixă şi una mobilă. În cazul neuniformităţilor de fază au fost folosite bobine-sondă cu miez magnetic saturabil, nobina mobilă fiind prevăzută cu o înfăşurare de premagbetizare.

Neuniformităţile azimutale de amplitudine au fost mai mici ca $\pm$ 1%, iar cele de fază mai mici ca $\pm$ 6 min.

CZ 621.315.622.1 : 621.315.612.6

Ţenţulescu D., Goldenberg I., Popescu C., Tănăsescu Fl. : **Mase de sticlă pentru izolatoare de înaltă tensiune**

Electrotehnica, **10** (1962) 5, 168—174

După ce se arată modul în care compoziţia chimică a sticlei influenţează asupra proprietăţilor electro-fizice, se analizează pe larg cîteva mase de sticlă experimentate în ţară, care să corespundă fabricării izolatoarelor de înaltă tensiune.

Se prezintă, în tabele şi diagrame, compoziţia sticlelor studiate şi caracteristicile electro-fizice corespunzătoare. În concluzie se arată că sticla termorezistentă R_1 oferă proprietăţi corespunzătoare, urmînd a fi utilizată în cercetările ulterioare, în vederea executării elementelor lanţurilor de izolatoare pentru linii de înaltă tensiune.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

CZ 621.314.2.017.72—523

Bichir I. N. : **Comanda răcirii forţate a transformatoarelor mari**

Electrotehnica, **10** (1962) 5, 174—180

Se prezintă diferite sisteme de comandă pentru răcirea forţată a transformatoarelor mari, prin suflare de aer şi circulaţie de ulei, dîndu-se şi schemele respective.

De asemenea, se dau şi criteriile de grupare a motoarelor de acţionare, pentru o protecţie eficace, şi se descrie instalaţia realizată.

ŞTIRI CEI 181

RECENZII 181—184

SCURTE ŞTIRI DIN STRĂINĂTATE 184—185

REFERATE 185—187

CRONICĂ 188

Fotografia de pe coperta I reprezintă circuitul magnetic al betatronului IFA, iar cea de pe coperta a IV-a — transformator de curent în izolator de porțelan tip JPSQ la 10 kW.

СОДЕРЖАНИЕ

К 621.33(47)

Tortopan Gh.: **Электрическая тяга в СССР.**

lectrotehnica **10** (1962) 5, 153—162

В свете документов XX, XXI и XXII съездов ПСС излагаются достижения в области электри-еской тяги в СССР. Подчеркивается, что в насто-щее время СССР превзошел самые передовые ка-италистические страны по объему электрической яги, выражаемому в длине электрифицированных иний и электроборудований. Описаны следующие остижения: Московское метро, новый тип трамвая, окомотив Н-60 игнитронами, тяговая подстанция а постоянном токе 3,3 кв и переменном токе 22 кв.

К 621.385.83:621.317.4

Iescu C., Haltrich Şt., Leibovici I.: **Измерение магнит-ых характеристики бетатрона Института атомной изики Академии РНР.**

lectrotehnica **10** (1962) 5, 162 – 168

Магнитные азимутные амплитудные и фазовые еравномерности измерялись каждая парой кату-ек-зондов, одна недподвижаня и другая подвиж-ая. Дляслучая фазовых неравномерностей исполь-овались катушки-зонды с магнитным насыщае-ым сердечником, подвижная катушка, будучи редусмотрена с предварительно намагниченной об-откой. Азимутные амплитудные неравномерности ыли меньше чем ± 1 %, а фазовые меньше чем ± 6 инут.

К 621.315.622.1 : 621.315.612.6

enţulescu D., Goldenberg I., Popescu C., Tănăsescu Fl.: **еклянная масса для изоляторов высокого напря-ения.**

ectrotehnica **10** (1962) 5, 168—174

В начале показывается, каким образом влияет имический состав стекла на электрофизические ойства, затем подробно анализируются несколько текляных масс, экспериментированных в нашей ране, которые пригодны для изготовления изо-яторов высокого напряжения. В таблицах и диа-раммах дан состав изученных стекол и соответст-ующие электрофизические характеристики. В за-ючение показывается, что жаростойкое стекло имеет соответствующие свойства и будет исполь-вано в будущих исследованиях по изготовлению ррянд изоляторов для линий высокого напря-ения.

ЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

К 621.314.2.017.72—523

chir I. N.: **Управление принудительным охлаждением льших трансформаторов.**

ctrotehnica **10** (1962) 5, 174—180

Представлены различные системы управления при-дительным охлаждением больших трансформа-ров посредством обдувки воздухом и циркуля-и масла; даны и соответствующие схемы. Кроме го, даются критерии группировки двигателей для фективной защиты и описываются уже созданные тановки.

ВЕСТИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭЛЕКТРО-ХНИЧЕСКОЙ КОМИССИИ 181

ЦЕНЗИИ 181—184

РАТКИЕ СООБЩЕНИЯ ИЗ-ЗА ГРАНИЦЫ 184—185

ФЕРАТЫ 185—187

РОНИКА 188

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.33(47)

Hortopan Gh. **Der elektrische Bahnbetrieb in der UdSSR.**

Electrotehnica **10** (1962) 5, 153—162

Der Aufsatz enthält eine Darstellung der Errungenschaft im Bereich des elektrischen Bahnen in der UdSSR im Lich der Dokumente des XX., XXI. und XXII. Parteitags d KPdSU. Es wird hervorgehoben, dass die UdSSR die fo geschrittensten kapitalistischen Länder im Umfang d elektrischen Antriebs, was Länge und elektrische Ausrüstu der elektrifizierten Strecken betrift überschrétet. Folgen Errungenschaften werden beschrieben : die Moskauer U-Bah ein neuer Strassenbahntyp, die H-60-Lokomotive mit Igi tronen, eine Antriebstation mit 3,3 kV Gleichstrom und kV Wechselstrom.

DK 621.385.83 :621.317.4

Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I. : **Das Messen der ma netischen Parameter des Betatrons des Instituts für Atomph sik der Akademie der RVR. Die Messung der azimutal Abweichungen des magnetischen Feldes.**

Electrotehnica **10** (1962) 5, 162—168

Die azimutal-magnetischen Amplituden und Phasena weichungen wurden mit je einen Paar Sondenspulen, ei feststehenden und einer beweglichen Spule gemessen. Falle der Phasenabweichungen wurden Sondenspulen gesättigbarem Magnetkern verwendet : die bewegliche Sp ist mit vormagnetisierter Wicklung versehen. Die azimuta Amplitudenabweichungen waren kleiner als $\pm 1\%$ und Phasenschwankungen kleiner als ± 6 Minuten.

DK 621.315.622.1 ; 621.315.612.6

Ţenţulescu D., Goldenberg I., Popescu C., Tănăsescu F **Glaswerkstoffe für Hochspannungsisolatoren.**

Electrotehnica **10** (1962) 5, 168—174

Die Verfasser legen die Art und Weise dar, wie die ch mische Zusammensetzung des Glases die elektrischen u physikalischen Eigenschaften beeinflusst und untersuch eingehend einige in unsererm Lande geprüfte Glasart die sich für die Herstellung von Hochspannungsisolato eignen. An Hand von Tabellen und Diagrammen werden Zusammensetzung der untersuchten Glasarten und die entsp chenden elektrischen physikalischen Kenndaten dargele Abschliessend wird darauf hingewiesen, dass das hitzel ständige Glas R_1 die entspreched Eigenschaften aufwei Dieses Glas soll einer nachträglichen Prüfung unterzog werden hinsichtlich der Herstellung der Elemente der Iso torenkette für Hochspannungsleitungen.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.314.2.017.72—523

Bichir I. N. : **Die Steuerung der beschleunigten Kühlu grosser Transformatoren.**

Electrotehnica 10 (1962) 5, 174—180

Es werden verschiedene Steuerungssysteme für die schleunigte Kühlung grosser Transformatoren durch Be ften und Ölumlauf sowie die entsprechenden Sch tungen beschrieben. Ferner werden die Gruppierungsk terien der Antriebsmotoren für einen wirksamen Schu angeführt und die entwickelte Anlage beschrieben.

CEI—NACHRICHTEN 181
BUCHBESPRECHUNGEN 181—184
KURZBERICHTE AUS DEM AUSLAND 184—185
REFERATE 185—187
CHRONIK 188

MŰSZAKI 1883 EGYESÜLET

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ŞI AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI

Anul 10 nr. 5, Bucureşti, mai 1962

Tracţiunea electrică în U.R.S.S.

Gh. Hortopan* — Bucureşti

În lumina documentelor prezentate la Congresele al XX-lea, al XXI-lea, şi al XXII-lea ale P.C.U.S., autorul subliniază măreţele realizări obţinute de Uniunea Sovietică în domeniul tracţiunii electrice.

Se prezintă o serie de realizări, şi anume: metroul din Moscova, tramvaiul de tip nou, locomotiva H-60 cu ignitroane şi substaţia de tracţiune în curent continuu de 3,3 kV şi curent alternativ de 22 kV.

CZ 621.33(47)

Alături de marele popor al U.R.S.S., poporul nostru şi sute de milioane de oameni ai muncii din întreaga lume au trăit zilele măreţe ale celui de-al *XXII-lea Congres al P.C.U.S.*

Raportul de activitate al C.C al P.C.U.S. şi Proiectul de Program al P.C.U.S., prezentate de tovarăşul *N.S. Hruşciov*, sînt documente de excepţională importanţă. Bazate pe o profundă analiză a celor mai arzătoare probleme ale contemporaneităţii, străbătute de suflul puternic al marxismului creator, aceste documente au o imensă valoare teoretică şi practică pentru cauza construcţiei comunismului în U.R.S.S., pentru dezvoltarea sistemului mondial socialist, pentru mişcarea comunistă şi muncitorească internaţională, pentru forţele păcii şi ale progresului din lumea întreagă. Documentele Congresului al XXII-lea al P.C.U.S. reflectă în mod strălucit justeţea liniei generale, înalta principialitate a Partidului Comunist al Uniunii Sovietice, a Comitetului său Central *leninist*, în frunte cu tovarăşul *N.S. Hruşciov*.

Ca şi în multe alte domenii, Uniunea Sovietică stă astăzi în fruntea ţărilor în ceea ce priveşte tracţiunea electrică. Care este astăzi situaţia electrificării căilor ferate în lume? O privire asupra hărţii şi datelor statistice oficiale va răspunde la această întrebare.

La sfîrşitul anului 1960 lungimea porţiunilor de cale ferată electrificată a fost următoarea:

U.R.S.S.	13 700 km
S.U.A.	3 000 km
R.F.G.	3 600 km

* Conf. ing. GH. HORTOPAN este director tehnic al Institutului de cercetări electrotehnice din Bucureşti.

Rezultă deci că depăşirea de către U.R.S.S. a celor mai avansate ţări capitaliste este mai mult decît evidentă. La acest rezultat s-a ajuns mai ales prin înfăptuirea hotărîrii de reconstrucţie tehnică a transporturilor, adoptată la *Congresul al XX-lea al P.C.U.S.* De atunci pînă în prezent au fost electrificaţi peste 10 000 km de cale ferată. Aşa cum arată raportul de activitate prezentat de tovarăşul N.S. Hruşciov la *Congresul al XXII-lea al P.C.U.S*, astăzi 50% din totalul transporturilor feroviare se efectuează cu ajutorul locomotivelor electrice şi locomotivelor Diesel, ceea ce a dat posibilitatea ca, în perioada la care se referă raportul, să se economisească 2,5 miliarde ruble.

La aceste succese uriaşe s-a ajuns prin:

— reconstrucţia tehnică a tracţiunii electrice;

— folosirea eficientă a locomotivelor şi reorganizarea sectoarelor de circulaţie;

— grija continuă pentru creşterea cadrelor necesare unei exploatări moderne.

1. Reconstrucţia tehnică a tracţiunii electrice

În anul 1960 s-a realizat electrificarea aproximativ a 2 200 km de linii ale căilor cu trafic intens, din care aproximativ 1 000 km cu curent alternativ. Peste 3 500 km au fost trecuţi la tracţiunea cu locomotive Diesel. Ca rezultat al realizărilor acestor lucrări, reţeaua căilor ferate electrificate la sfîrşitul anului 1960 era de peste 13 700 km, iar întinderea sectoarelor deservite de tracţiunea cu locomotive Diesel — aproape 18 000 km.

În anul 1961 s-a terminat victorios munca eroică a electrificatorilir celei mai mari magistrale de cale ferată de pe glob — magistrala transsiberiană. În ajunul deschiderii celui de-al XXII-lea Congres al P.C.U.S. s-a făcut joncțiunea liniilor de contact pe ultimul sector, și pe întrega distanță, de 5 467 km, de la Moscova pînă la Baikal, au pornit trenuri trase de locomotive electrice. De asemenea trecerea la tracțiunea electrică a liniilor *Kursk-Harkov* și *Slaviansk-Ilovaiskoe* a fost terminată înainte de termen.

O importanță considerabilă o constituie electrificarea sectorului *Liuberți-Cerusti*. Cu aceasta a fost terminată trecerea completă la tracțiunea electrică a tuturor liniilor din subansamblul căilor ferate al capitalei U.R.S.S.

A fost introdus în exploatare și sectorul electrificat *Leningrad-Vișera*. Prin terminarea lucrărilor de construcții și montare, în prezent în curs de desfășurare, în sectoarele de la *Malaia-Vișera* pînă la *Kalinin*, se deschide un trafic continuu al locomotivelor electrice de la *Moscova pînă la Leningrad*.

În anul 1961 au trecut la tracțiunea electrică peste 2 000 km, iar la cea termică 6 000 km de linie de cale ferată.

Aceasta înseamnă că la începutul anului 1962 rețeaua de tracțiune electrică și termică va fi de aproximativ 42 000 km, iar volumul transporturilor realizate astfel va atinge 52% din volumul total al transportului feroviar. În felul acesta, este important să se sublinieze că noile feluri de tracțiune vor ocupa un loc preponderent în transportul pe căile ferate. Totodată tracțiunea electrică va avea 16 000 km de linie și pe aceste linii se va realiza 25% din volumul întreg al transporturilor de mărfuri, iar pe tracțiunea termică va avea 25 000 km și aproximativ 26% din transporturile de mărfuri. Lucrările principale pentru electrificări ulterioare vor fi concentrate în direcția Moscova-Donbas-Caucaz, cu introducerea în exploatare a sectorului *Ilovaiskoe-Kavkazkaia cu curent alternativ*, cît și asupra liniei *Moscova-Gorki-Sverdlovsk, în lungime de peste 1 800 km, exclusiv cu curent alternativ*.

Direcții principale unde se va introduce tracțiunea termică sînt: *Lozovaia-Darnița*, *Iudino-Ceruski*, *Kartalî-Celeabinsk* și altele.

Alături de lupta pentru reducerea costului lucrărilor de electrificare, s-a intensificat și lupta pentru calitate. Astfel, este în curs de introducere pe scară largă telecomanda; s-a planificat să se treacă în întregime la telecomandă linii electrificate în lungime totală de aproximativ 3 300 km, de mare importanță fiind telecomanda separatoarelor pentru liniile de contact.

Aproape peste tot, pe linia electrificată cu curent continuu va fi folosită o schemă nouă de instalație de filtre. Această schemă permite să se reducă considerabil volumul lucrărilor pentru reconstrucția liniilor de comunicații în sectoarele *Leningrad-Malaia-Vișera* și *Liuberți-Cerusti*.

În plus, se introduce o serie de prototipuri de utilaje de înaltă tehnicitate, și în primul rînd transformatoare pentru alimentarea redresoarelor cu vapori de mercur, cu tensiunea primară de 110 kV, fapt care va permite să se evite transformarea dublă, folosită azi în substațiile de tracțiune; redresoare cu ventile sudate, legate în serie, cu puterea de 7 000 kW pe agregat; convertizoare rotative de frecvență pentru alimentarea instalațiilor de autoblocare, precum și instalații de semnalizare și centralizare, separatoare de putere la liniile electrificate cu curent alternativ, izolatoare-tijă de curent alternativ de 25 kV și de curent continuu de 3 kV pentru consolele izolate ale rețelei de contact.

2. Folosirea eficientă a locomotivelor electrice

O dată cu introducerea locomotivelor cu economicitate ridicată se duce o luptă neobosită pentru folosirea efectivă și cea mai productivă a tehnicii noi. Colectivele căilor ferate au făcut lucrări mari pentru mărirea sectorului de circulație a locomotivelor electrice și a locomotivelor Diesel, folosind procedeul de schimb pentru deservirea lor. Începînd cu anul 1960, această metodă a devenit în U.R.S.S. un procedeu principal pentru exploatarea locomotivelor.

Realizarea ei pe scară mare a permis să se mărească sectoarele de circulație a acestora, în comparație cu anul 1959: pentru locomotivele electrice în medie cu 14%, iar pentru locomotivele termice cu 7%. Parcursul mediu zilnic al acestor locomotive a crescut cu 4%, iar productivitatea lor cu 10%.

Alături cu îmbunătățirea indicilor de exploatare a funcționării parcului, s-au îmbunătățit organizarea muncii și odihna brigăzilor de locomotive, fapt care are o importanță excepțional de mare.

Sînt cunoscute realizările colectivului căii de la *Omsk*, a cărui experiență a fost călduros aprobată prin Hotărîrea Plenarei din iulie 1960 a Comitetului Central al P.C.U.S. și a fost recomandată pentru folosirea generală. Aici locomotivele electrice, fără a fi decuplate de la trenuri, parcurg distanțele *Kulimskaia-Isili-Kuli* și *Nazîvaievskaia* pe distanță de 630 km.

În mod eficace a fost organizată funcționarea locomotivelor electrice pe traseul liniei Kuibîșev: locomotiva efectuează fără decuplare parcursul de la stația Batraki pînă la Kropacevo, pe distanța de 800 km. Pe traseul Nord-Caucazian, sectoarele de circulație a locomotivelor Diesel sînt de 835 km. Parcursuri medii

zilnice lungi au atins sectoarele *Cazan*, *Moscova-Nord*, *Sverdlovsk*, *Okteabrî*, precum și alte linii (sectoare).

Lucrările efectuate pentru perfecționarea exploatării noilor tipuri de tracțiune, precum și intensificarea mișcării mașinilor grele au permis să se mărească greutatea medie a trenului, realizîndu-se astfel, o economie importantă de energie electrică și combustibil : în anul 1960, greutatea trenului-marfă cu tracțiune Diesel s-a mărit cu 100 tone, iar a celui cu tracțiune electrică — cu 60 tone. Planul anului 1961 a prevăzut o ridicare a greutății trenului de marfă cu locomotive electrice și termice în medie cu 40 tone. Cu tracțiunea termică s-a economisit astfel 4% din combustibil, iar cu tracțiunea electrică 2% din energia electrică.

Cea mai importantă sursă de economisire în tracțiunea electrică o constituie frînarea recuperativă. Astfel, în sectorul *Lvov*, datorită recuperării, consumul specific de energie electrică pentru tracțiunea trenurilor a fost redus cu mai mult de 12%. Rezultate bune s-au realizat și pe căile din *Siberia orientală* și *Sverdlovsk*.

3. Fabricarea locomotivelor

Uzinele constructoare de locomotive își sporesc din an în an capacitatea. Astfel, în anul 1961 s-a planificat să se fabrice 675 locomotive electrice pentru linii principale, precum și 1 453 de secții de locomotive termice pentru linii principale și un număr considerabil de vagoane-motoare electrice. După cum se știe, colectivele uzinelor din Harkov, Lugansk, Kolomna, Breansk etc. construiesc locomotive Diesel principale, tip ТЭ3, și locomotive termice pentru manevră ТТМ și ТЭМ. Uzina din Harkov a confecționat 5 prototipuri experimentale ТЭ10 cu putere de 3 000 CP într-o secție. În comparație cu ТЭ3, aceste locomotive posedă indici de exploatare foarte ridicați pe unitate de putere și sînt cu 30% mai ieftine decît acesta din urmă. Pe baza tipului ТЭ10 a fost construită o locomotivă termică ТЭ12 conjugată pentru mărfuri și pentru persoane, cu o putere de 6 000 CP și cu o viteză de 125 km/h, dezvoltînd o forță de tracțiune egală cu 50 000 kgf.

Constructorii de locomotive electrice au muncit intens pentru a crea un tip de locomotivă cu curent alternativ. Astfel uzina din *Novocerkask* a furnizat deja un lot mare de locomotive electrice H 60.

În cel mai scurt timp, colectivul uzinei din *Novocerkask* va da în funcțiune două locomotive electrice de marfă pe 8 osii, de curent alternativ, tip H 80, cu redresoare ignitroane, și va organiza producția lor în serie. Tipul acesta de locomotivă are o putere de 8 100 CP și o viteză de circulație de 100—110 km/h ; ea este destinată pentru funcționarea în sectoare cu profil greu. În afară de aceasta, constructorii uzinei, împreună cu personalul institutelor de cercetări științifice, accelerează elaborarea locomotivelor electrice cu redresoare cu semiconductoare din siliciu. Un rol important îl are colectivul uzinei de construcții din *Tbilisi* care lucrează la crearea unui prototip experimental de locomotivă electrică pentru mărfuri, construcție modernizată a locomotivei seria T 8. Această locomotivă va avea partea mecanică unificată cu locomotiva electrică cu 8 osii de curent alternativ, avînd o viteză de 110 km/h. În viitor, această locomotivă va înlocui locomotiva electrică seria H 8.

În legătură cu dezvoltarea rapidă a orașelor mari industriale ale țării și creșterea populației lor, din an în an a crescut volumul transporturilor suburbane și de persoane.

Cercetările tehnico-economice efectuate de Institutul central de cercetări tehnico-științifice al Ministerului Căilor de Comunicații arată că în direcțiile importante electrificate, care deservesc centrele mari industriale, trebuie introdusă în exploatare o locomotivă electrică suburbană perfecționată. În acest sens colectivele uzinelor constructoare de vagoane și locomotive din *Riga* și *Kalinin* termină construcția prototipului de locomotivă electrică seria ЭП 10 de c.c. cu posibilități de frînare recuperativă. În comparație cu locomotiva ЭП 1, această locomotivă mărește considerabil capacitatea de trafic a sectoarelor suburbane.

Un eveniment de mare importanță constă în utilizarea cu succes în tracțiunea electrică *a mașinilor de calcul*. Astăzi se află în exploatare experimentală două trenuri electrice înzestrate cu un sistem de comandă automată. Încercările demonstrează că acest sistem asigură o funcționare optimă la demarajul și frînarea trenului cu respectarea graficului și limitarea variațiilor de viteză, reacționează bine la semnalele de blocare automată și oprește trenul la locurile de urcare în vagoane a pasagerilor, cu regularitatea prescrisă, fără intervenția mecanicului de locomotivă.

Se fac studii de proiectare pentru dezvoltarea de noi tipuri de locomotive cu motoare Diesel. Necesitatea acestui fel de material rulant este mare, iar colectivul uzinei din *Riga* elaborează prototipul industrial pentru această locomotivă.

Ținînd seamă de volumul transportului anual din ce în ce mai mare, cît și de necesitatea măririi greutății și vitezei trenurilor de marfă și de persoane, se consideră că tipul principal de locomotivă al viitorului apropiat va fi o locomotivă electrică de curent continuu T 8 și de curent alternativ H 80 cu redresoare cu semiconductoare.

Principalele tipuri de locomotive electrice aflate astăzi în serviciu în U.R.S.S. sînt indicate în tabela 1.

Tabela 1

Principalele tipuri de locomotive electrice folosite în U.R.S.S.

Tipul	BL-22^M	BL-23	H-8	H-0	H-60 nr. 005
Tensiunea liniei de contact,V	3000	3000	3000	20 000	20 000
Felul curentului	continuu	continuu	continuu	monofazic	monofazic
Simbolul	$0-3_0+3_0-0$	$0-3_0+3_0-0$	$0-2_0+2_0+2_0+2_0-0$	$0-3_0+3_0-0$	$0-3_0+3_0-0$
Puterea uniorară, kW	2 400	3 150	4 200	2 500	4 000
Numărul de motoare	6	6	8	8	6
Viteza, km/h	120	100	100	75	110
Forța de tracțiune uniorară, kgf	19 800	26 400	35 200	23 400	33 500
Anul fabricației	1957	1957	1957	1957	1959

Pentru comunicații suburbane sînt necesare locomotive electrice de curent alternativ cu redresoare cu semiconductoare avînd amplasamentul utilajului sub vagon. Locomotivele electrice de curent continuu vor avea posibilitatea să frîneze recuperativ.

O atenție deosebită se acordă și construcției de locomotive cu transmisia hidraulică atît pentru linii principale cît și pentru linii de manevră. Marele avantaj al transmisiei hidraulice față de cea electrică constă în consumul redus de metale neferoase.

4. Formarea cadrelor

În legătură cu reconstrucția tehnică a tracțiunii, problema pregătirii cadrelor, perfecționarea permanentă a calificării și însușirea cunoștințelor tehnice constituie o problemă-cheie, care a fost rezolvată cu succes. Se pare că nu a existat o ramură a economiei naționale în care să fi fost desfășurată pe o scară atît de mare recalificarea muncitorilor și a cadrelor de tehnicieni și ingineri. Este important să menționăm că acest proces se face în condițiile unui volum din ce în ce mai mare al transporturilor pe căile ferate.

Numai în ultimii patru ani, din foștii conducători mecanici ai locomotivelor cu aburi au fost calificați 30 500 de mecanici de locomotivă electrică și termică și peste 27 000 de ajutoare. Au fost recalificați în depouri și în uzine peste 11 000 de lăcătuși pentru reparația acestor noi locomotive și un număr important din personalul tehnicienilor și inginerilor. Transportul în U.R.S.S. posedă cadre de muncitori experimentați de înaltă calificare, precum și un corp de ingineri și tehnicieni care s-au acomodat cu noile locomotive.

În anul 1961 au intrat la conducerea locomotivelor electrice și termice pînă la 9 000 de mecanici de locomotive; de asemenea, au absolvit cursul de recalificare pînă la 2 000 ăcătuși, brigadieri și maiștri. Și aci este important să subliniem că azi accentul mare se pune pe cursurile fără frecvență. Condițiile pentru desfășurarea largă și eficace a învățămîntului tehnic în depou, în uzine se îmbunătățesc an cu an.

5. Echipamentul actual de tracțiune electrică în U.R.S.S.

În U.R.S.S. tracțiunea electrică feroviară s-a dezvoltat după două sisteme, și anume:

— sistemul în curent continuu de 3,3 kV;

— sistemul, mai nou, de curent alternativ monofazat de 25 kV.

O dată cu creșterea traficului feroviar, în condițiile specifice ale transporturilor pe distanțe lungi, așa cum este situația în U.R.S.S., singurul sistem în perspectivă de dezvoltare este sistemul în curent alternativ monofazat la 25 kV.

Dar în afară de traficul feroviar în U.R.S.S. s-a dezvoltat puternic transportul electric în marile orașe cu ajutorul metropolitanului, troleibuzelor și tramvaielor. Iată principalele realizări de echipament electric:

5.1. Metroul din Moscova

Prima secție a metropolitanului din Moscova, cu o lungime de linie de 11,4 km și 13 stații, a fost dată în exploatare la 15 mai 1935. La începutul anului 1960, lungimea rețelei cu cale de rulare dublă depășise 75 km și avea 56 stații, din care 21 stații pentru schimbarea direcției. În regiunile orașului cu construcții noi, rețeaua metropolitanului se extinde neîncetat. În figura 1 s-a indicat rețeaua metroului din Moscova. Un inel exterior leagă între ele gările *Paveleț*, *Kursk*, *Leningrad*, *Kazan*, *Iaroslavl*, *Bielorusia*, *Kiev*. Linii radiale permit o legătură rapidă a centrului orașului cu obiectivele culturale și industriale plasate spre exterior.

Alimentarea trenului se face din substații de redresare cu curent continuu, cu ajutorul unei șine cu tensiunea nominală de 825 V. Blocul automat de linie al metroului este pre-

văzut pentru 40 perechi de trenuri pe oră, fiecare tren avînd 8 vagoane.

Unitatea cea mai mică constă din două vagoane. La tipurile noi de vagoane, fiecare vagon este motor.

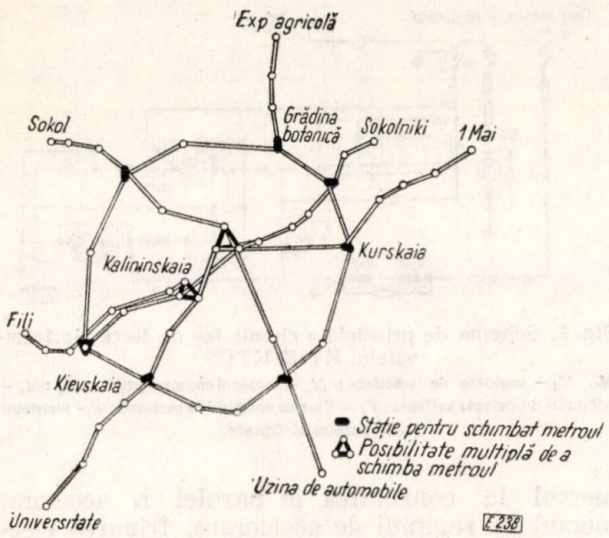


Fig. 1. Rețeaua metroului din Moscova.

Pornirea și frînarea trenului se fac automat și în funcție de gradul de încărcare al vagonului.

să se obțină un motor cu performanțe mari, și anume:

Puterea uniorară	kW	68
Tensiunea	V	375/750
Curent uniorar	A	210
Viteza maximă	km/h	90
Gradul de reducere a cîmpului	%	35

Motoarele sînt conectate în permanență cîte două în serie, formînd două grupe, pentru care echipamentul de pornire, frînare și reglare a mersului este comun, așa cum arată figura 2.

Pornirea și frînarea de serviciu reostatică se realizează cu ajutorul a două controlere de grupă, acționate de servomotoare. Unul din controlere servește la comutarea circuitelor de forță, iar altul pentru reglarea rezistențelor de pornire și frînare, precum și pentru reglarea cîmpului motoarelor de tracțiune. Reglajul vitezei pe parcurs se realizează prin comutarea în serie și în paralel a celor două grupe de motoare, cu posibilitatea de reducere a cîmpului.

Pornirea și frînarea extrem de progresive sînt asigurate de 36 de poziții, care asigură accelerarea și decelerarea pînă la 1,3 m/s² și viteza pînă la 90 km/h.

În regim de pornire automată se folosește controlerul reostatului de pornire, fără controlul unui releu de accelerare pînă la poziția

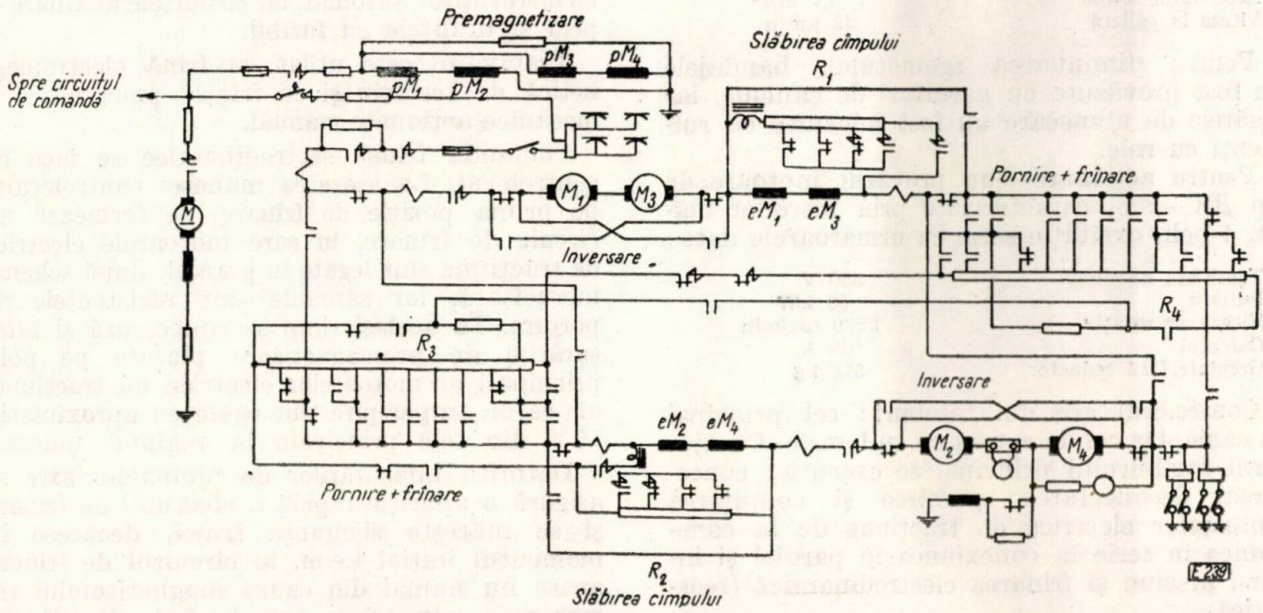


Fig. 2. Schema circuitelor de forță la vagonul de metrou tip E:

M_1, M_2, M_3, M_4 – motoare de tracțiunea Д К-108 А; R_1, R_2 – grupe de rezistențe pentru stabilirea cîmpului; R_3, R_4 – grupe de rezistențe pentru demaraj și frînare; eM_1, eM_2, eM_3, eM_4 – înfășurări de excitație serie; pM_1, pM_2, pM_3, pM_4 – înfășurări de premagnetizare pentru activarea frînării.

Vagonul-motor este echipat cu patru motoare de tip ДК–104, așa cum se vede din figura 2. Folosirea izolației siliconice, a întrefierului mărit și a unei saturații reduse a permis cîmpului redus, iar pe ultimele poziții – sub controlul releului. Controlerul reostatului funcționează sub controlul releului de accelerare în cazul cînd curentul atinge limita extremă

de 340 A. După aprecierea mecanicului de locomotivă, în funcție de condițiile de mișcare și de aderență, limita de declanșare a releului de accelerare poate fi redusă la pornire de la 340 pînă la 240 A, iar la frînare — de la 260 pînă la 150 A.

În regim de frînare, mișcarea controlerului reostatic se face sub controlul releului de accelerare. Frînarea reostatică se folosește începînd de la viteza de 90 km/h și la începutul perioadei se face prin reglarea cîmpului motoarelor electrice, la o tensiune relativ scăzută a acestora. Pentru accelerarea procesului de autoexcitare se folosește o înfășurare suplimentară independentă, executată pe polii principali ai mașinii — denumită înfășurare de premagnetizare — și care este alimentată de la linia de contact.

5.2. *Tramvaiul tip KTM-2, KTП-2*

Recent a fost dată în funcțiune o garnitură nouă de tramvai cu caracteristici îmbunătățite. Datele tehnice ale garniturii sînt:

Tensiunea la troleu	550 V
Numărul osiilor vagonului	2
Diametrul roții	780 mm
Distanța între osiile vagonului	3400 mm
Numărul mediu de pasageri	150
Greutatea:	
Vagonul-motor	10 t
Vagonul-remorcă	7 t
Numărul motoarelor electrice	2
Accelerația medie *	0,7 m/s²
Viteza în palieră	43 km/h

Pentru diminuarea zgomotului, bandajele au fost prevăzute cu garnituri de cauciuc, iar lagărele de alunecare au fost înlocuite cu rulmenți cu role.

Pentru acționare s-au prevăzut motoare de tip ДК—258, caracterizate prin întrefier mărit, 4 poli, excitație serie cu următoarele date:

Tensiunea nominală	550 V
Puterea	50 kW
Viteza de rotație	1 530 rot/min
Curentul	105 A
Greutate, fără reductor	518 kg

Controlerul are doi tamburi: cel principal cu came, iar cel de reversare cu lamele. Cu ajutorul tamburului principal se execută: conectarea, deconectarea, pornirea și comutarea motoarelor electrice de tracțiune de la conexiunea în serie la conexiunea în paralel și invers, precum și frînarea electrodinamică (reostatică).

Tamburul de reversare servește la schimbarea direcției de mișcare și la deconectarea unui motor care eventual se deteriorează. Schema de principiu a circuitelor de forță este indicată în figura 3.

* Indicii medii ai vagonului se referă la distanța de 350 m între stații și panta de 3‰.

Pentru comanda tramvaiului se folosește sistemul de comandă directă (fig. 3), care prevede următoarele regimuri de funcționare: pornirea și mersul la conectarea în serie a motoarelor electrice de tracțiune, pornirea și

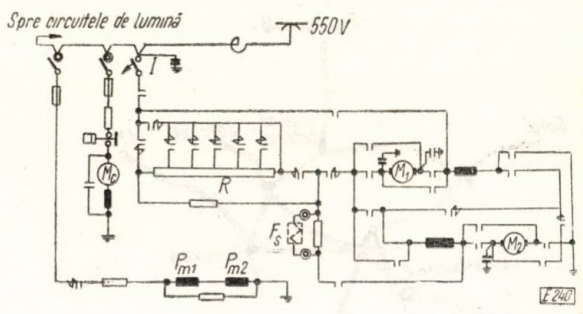


Fig. 3. Schema de principiu a circuitelor de forță ale tramvaiului KTM2 KTП2:

M_1, M_2 — motoare de tracțiune; M_c — motorul compresorului; pM_1, pM_2 — înfășurări de premagnetizare; F_s — frîna cu solenoid la remorcă; R — rezistențe de pornire și frînare.

mersul la conectarea în paralel a acestora, mersul în regimul de accelerare, frînarea electrodinamică și mersul cu un motor electric deconectat în cazul ieșirii lui din funcție (în aceste condiții frînarea electrodinamică nu este prevăzută).

Circuitul de forță cu regimul motor este protejat contra scurtcircuitului și suprasarcinilor cu întreruptor automat, iar circuitele auxiliare — prin siguranțele cu fuzibil.

Tramvaiul este utilat cu frînă electromagnetică de serviciu și cu frînele pneumatice și mecanice acționate manual.

Comanda frînei electrodinamice se face cu controlerul. La așezarea manetei controlerului pe prima poziție de frînare, se formează un circuit de frînare, în care motoarele electrice de tracțiune sînt legate în paralel, după schema încrucișată, iar sarcinile sînt rezistențele de pornire. În același timp se conectează și înfășurările de premagnetizare plasate pe polii principali ai motoarelor electrice de tracțiune, ale căror amperspire sînt egale cu aproximativ 10% din cele principale la regimul uniorar.

Datorită înfășurărilor de premagnetizare se asigură o apariție rapidă a efectului de frînare și se mărește siguranța frînei, deoarece în momentul inițial t.e.m. în circuitul de frînare apare nu numai din cauza magnetismului remanent — care formează 1—2% din fluxul magnetic normal al mașinii —, dar și din cauza fluxului magnetic care se formează sub acțiunea înfășurărilor de premagnetizare.

După cum s-a văzut, la exploatare este posibilă frînarea continuă (treptată) pînă în momentul opririi, într-un regim de frînare cu 10 poziții ale controlerului, precum și obținerea vitezei necesare la coborîrea pe pantă.

În plus, exploatarea a confirmat că la o frînare electrodinamică de serviciu se reduce considerabil parcursul de frînare și se mărește în schimb siguranța de frînare, mai ales la o aderiune slabă a roților pe șine.

5.3. Locomotiva de curent alternativ H 60

Uzinele de locomotive din *Novocerkask* au construit o serie nouă de locomotive H 60, începînd de la numărul 005, cu caracteristici superioare. Aceste locomotive sînt destinate funcționării pe liniile electrificate cu curent alternativ monofazic, de 50 Hz, 25 kV.

tatorului de prize la demaraj, înfășurarea 0—5 se conectează în opoziție cu înfășurarea a_2-x_2, respectiv 0—1 în opoziție cu a_1-x_1. O soluție nouă o constituie și posibilitatea de a diviza triplu curentul anodic cu ajutorul divizorului *dtr*.

Pentru aplatizarea curentului redresat, în serie, la o grupă de trei motoare se conectează inductivitățile *L*. În acest mod se îmbunătățesc condițiile de comutație la viteze mari. În afară de aceasta, pentru a reduce tensiunea indusă transformatoric de înfășurarea de excitație, în înfășurarea indusului, componenta

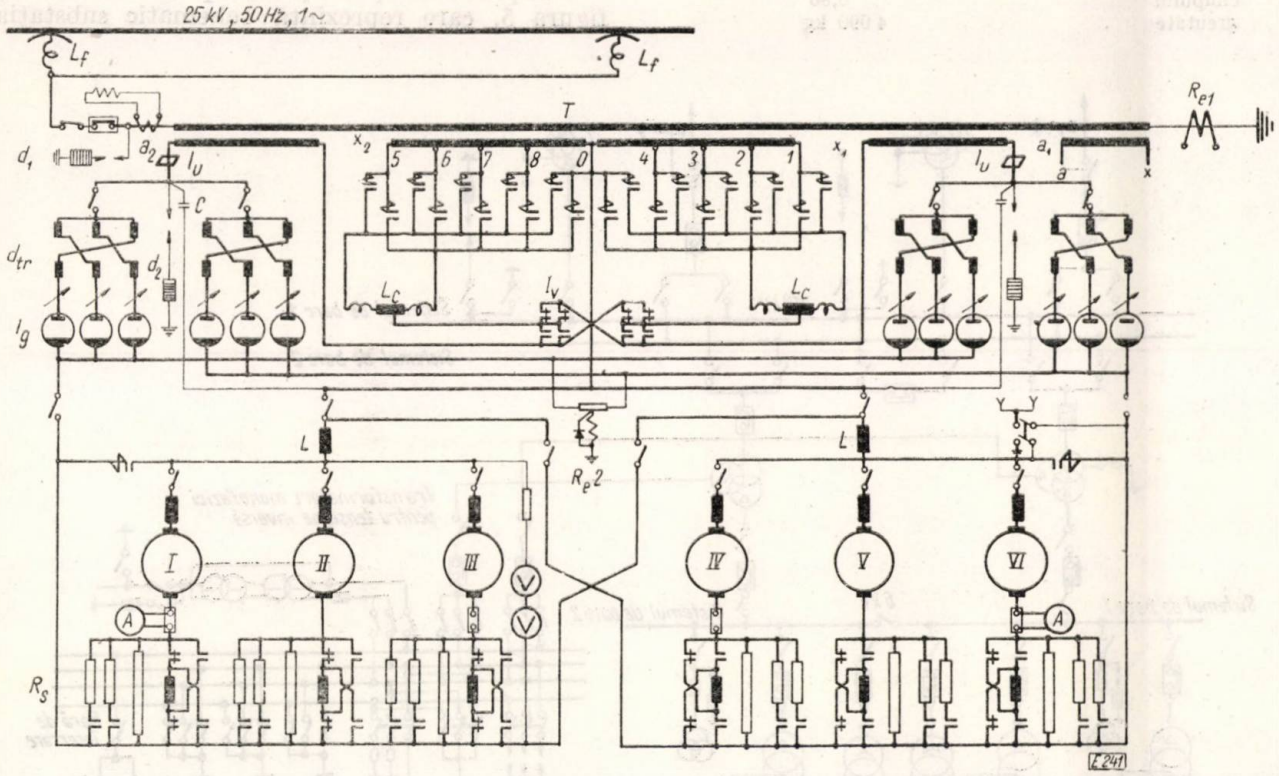


Fig. 4. Schema electrică a locomotivei H 60. *T* — transformatorul principal : I_v — inversor pentru conectarea în opoziție a înfășurărilor 0—5 cu a_2-x_2 și 0—1 cu a_1-x_1; I_u — întreruptor ultrarapid; $a-x$ — înfășurare pentru servicii auxiliare; d_{tr} — divizor anodic triplu; *Ig* — ignitron; *I, II, III IV* — motoare de tracțiune; *L* — inductivitate; L_c — inductivitate pentru comutație; R_s — rezistențe pentru slăbirea cîmpului.

În figura 4 este indicată schema electrică a circuitelor de forță ale locomotivei H 60 începînd de la nr. 005. Cele șase motoare de tracțiune de tip Hb 412 sînt alimentate de la două redresoare cu mercur monofazice, cu punct median. Fiecare redresor se compune din șase tuburi ignitroane de tip ИВС —300/5 cu răcire cu apă. Reglarea tensiunii motoarelor se realizează prin comutarea secțiunilor înfășurării secundare a transformatorului. În comparație cu reglarea pe partea de înaltă tensiune, această soluție este o construcție mai ușoară a transformatorului și mărește factorul de putere și randamentul locomotivei. Pentru a reduce numărul de trepte ale comutație principală alternativă din curentul de excitație este scursă prin rezistențele care șuntează în permanență înfășurarea de excitație. În acest fel motoarele lucrează în permanență cu un coeficient de slăbire a cîmpului $\alpha = 0{,}86$, cu o pulsație $k = 0{,}25$ în rotor și cu o pulsație $k = 0{,}05$ în înfășurarea de excitație.

Locomotivele electrice H 60 sînt echipate cu motoare de tracțiune Hb 412. Acestea sînt mașini de curent continuu, cu șase poli cu excitație serie, avînd carcasa turnată din oțel, miezuri din tole la polii principali și miezuri masive la polii auxiliari. Înfășurarea rotorului a fost executată cu izolația de clasă B, iar înfășurările polilor principali și auxiliari —

de clasa H. Parametrii principali ai motorului sînt următorii :

tensiune nominală	1 450 V
regim uniorar :	
putere	650 kW
curent	485 A
turație	705 rot/min
randament	92,6 %
regim continuu :	
putere	565 kW
curent	420 A
turație	755 rot/min
coeficient de slăbire permanentă a cîmpului	0,86
greutate	4 090 kg

motoarelor, tensiunea de alimentare scade, datorită căderii de tensiune din transformatorul instalat pe locomotivă.

La realizarea noilor exemplare de locomotive H 60, o atenție deosebită s-a acordat reducerii supratensiunilor interne și eliminării perturbațiilor radiofonice provenite din funcționarea ignitroanelor. Astfel, în schema din figura 4, descărcătoarele d_1 și d_2 sînt destinate reducerii supratensiunilor, iar condensatorul C și inductivitatea L sînt destinate filtrării frecvențelor înalte.

5.4. *Substațiile de tracțiune*

Echipamentul principal se poate urmări în figura 5, care reprezintă schematic substația

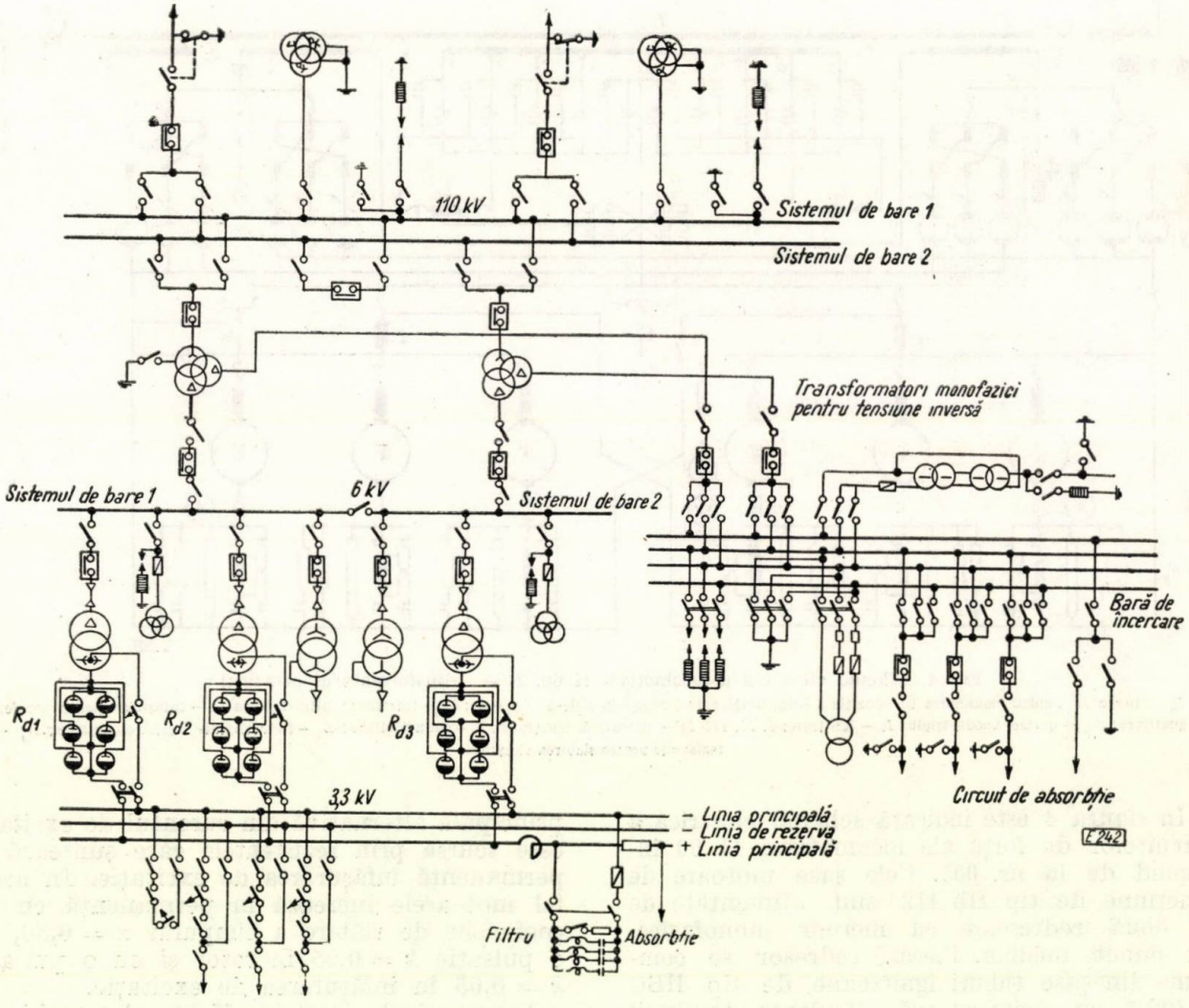


Fig. 5. Substația de tracțiune Ojerelie.

Schema locomotivei prevede trei trepte de slăbire a cîmpului, și anume 0,71, 0,56, 0,48.

Pe locomotivele de curent alternativ, în ipoteza menținerii tensiunii constante în curent alternativ, o dată cu creșterea încărcărilor

Ojerelie, construită inițial pentru experimentare.

Această substație alimentează porțiunea *Moscova-Ojerelie* cu curent continuu la tensiunea de 3,3 kV și porțiunea *Ojerelie-Paveleț* cu cu-

rent alternativ monofazic de frecvență industrială la tensiunea de 22 kV. De la aceeași substație se alimentează și linia de autoblocare *Ojerelie-Mihailov* cu frecvența de 75 Hz.

Pe porțiunea exterioară a substației sînt dispuse instalațiile de distribuție pentru 110 și 22 kV, iar în interior 6 și 3,3 kV.

Instalația de distribuție pentru 110 kV are racordate la bare două transformatoare de tip TATГ, avînd tensiunile 110/22/6 kV.

Instalația de distribuție pentru 22 kV posedă un sistem de bare colectoare trifazice nesecționate și o a patra bară colectoare pentru încercări.

Una dintre barele de fază se conectează prin intermediul unor conductoare de absorbție cu șinele căii de rulare, iar celelalte două se cuplează prin întreruptoare cu rețeaua de contact.

La barele instalației de distribuție de 22 kV sînt conectate două borne ale înfășurărilor de înaltă tensiune, ale transformatoarelor coborîtoare, trei linii de alimentare, conductorul de absorbție, completul de transformatoare de tensiune inversă, transformatoarele de tensiune și descărcătoarele. Completul transformatoarelor de tensiune inversă se compune din două trasnformatoare OM—66/22. Bornele unuia dintre transformatoare se leagă la barele de fază de 22 kV, iar bornele celuilalt se leagă una la firul de tensiune inversă, suspendat pe suporturile rețelei de contact, iar a doua — la bara de absorbție pentru 22 kV.

De la instalația de distribuție de 6 kV se alimentează agregatele de redresoare cu mercur, două transformatoare de servicii auxiliare și iluminatul.

Agregatele de redresoare cu mercur se compun din transformatoarele de tracțiune și redresoarele cu mercur tip PMHB—500×6. Răcirea prin circulație a redresoarelor cu mercur se face prin schimbătoare de căldură tip T—1000.

Pentru filtrarea componentelor alternative ale curenților de tracțiune, pe linia de legătură în circuitul barei pozitive se introduce un reactor de tipul РБФ de 6,5 mH și 3 000 A. Între barele pozitive și cele negative, în paralel cu sarcina, se montează și instalația de filtrare, care constă din patru circuite, adoptate pentru frecvențele de 300, 600, 900 și 1200 Hz.

Rețeaua de contact pentru curent continuu se alimentează prin trei linii, prin întreruptoare rapide în aer de tipul ВАБ—2000/30. Pentru căile principale ale porțiunii s-au montat catenare constituite din funii purtătoare de oțel cu secțiunea de 70 mm² și conductoare de cupru pentru contact cu secțiunea de 85 mm². Suspensia pe toată porțiunea este semicompensată. Liniile de alimentare și întoarcere de la substațiile de tracțiune sînt aeriene și executate din conductoare de aluminiu. Secțiunea acestor linii este $2 \times A - 150$ mm².

În partea dinspre cale a suporților rețelei de contact în stații, suspendate pe suporți separați, se află următoarele conductoare suplimentare: conductorul de tensiune inversă, suspendat pe toată porțiunea, este executat din conductor bimetalic de 22 mm²; conductorul fazei a treia, suspendat pe porțiunea *Uzunov-Vilenski-Mihailov*, este executat din conductoare de aluminiu cu secțiunea de 50 mm²; conductoarele de ocol, suspendate în stații, sînt executate din conductoare de aluminiu de 185 mm². Rețeaua de contact a stației este împărțită în secțiuni separate prin intervale aeriene. În stații, căile de primire — expediere și încărcare-descărcare — sînt secționate. Secționarea este executată prin izolatoare de secționare și separatoare.

Pentru o mai bună păstrare a secțiunii, acolo unde nu există substații de tracțiune se află montate conductoare de ocol, care în cazul unui defect al rețelei de contact o șuntează, menținînd schema normală de alimentare a restului porțiunii. În mod normal liniile de ocol se află sub tensiune.

Conductorul tensiunii inverse a fost montat experimental de-a lungul liniei de contact în scopul studierii posibilității de reducere a influenței asupra liniei de telecomunicații.

În figura 5 se poate observa simplitatea substației de tracțiune de 22 kV, 50 Hz față de substația de curent continuu de 3,3 kV, precum și posibilitatea alimentării transformatoarelor care furnizează energie liniei de contact de 22 kV direct din rețeaua regională de 110 kV.

*

Încă din 1957 în U.R.S.S. nu se mai construiesc locomotive cu abur, iar uzinele respective au fost transformate pentru construcția locomotivelor Diesel și electrice.

După prevederile rapoartelor prezentate de tovarășul *N. S. Hrușciov la Congresele al XXI-lea și al XXII-lea ale P.C.U.S*, la sfîrșitul septenalului se va trece la folosirea locomotivelor Diesel și electrice pe toate liniile de cale ferată principale pe o lungime totală de aproximativ 100 000 km. Astfel, capacitatea de transport a acestor linii se va dubla, iar economia obținută în decurs de șapte ani va fi de 400 000 000 tone de cărbune. În plus se vor reduce cheltuielile de exploatare cu 45 miliarde ruble.

În acest mod tehnica și știința sovietică, și în această ramură, lasă mult în urmă realizările din țările capitaliste cele mai avansate și se plasează pe pozițiile cele mai înaintate ale progresului.

Bibliografie

[1] *Voronin, A. V.* Perspectivele aplicării în U.R.S.S. a tracțiunii electrice în curent electric monofazat. În: Elektricestvo, 1957, 2, p.1—4.

[2] *Rebrik, B.N., Gluskov, E.F.* Noi locomotive H—60 pentru curent alternativ. În: V.V.N—IIJT **18**, 1959, 8, p.15—21.
[3] *Belkin, I.I.* Caracteristicile schemei şi utilajului electric al noului tip de vagon de metrou tip E. În: Vestnik Elektropromîşlennost, 1960, 19, p. 11—16.
[4] *Marcenko, I.* Perfecţionarea utilajului şi schemei electrice a locomotivei seria H—60. În: Electriceskaia i teplovoznaia tiaga, 1960, 11, p. 32—35.
[5] *Şafranov, A. G.* Utilajul electric de tracţiune al tramvaiului format dintr-un vagon-motor tip KTM—2 şi un vagon-remorcă tip KTП—2. În: Vestnik Elektropromîşlennost, 1960, 11, p. 17—23.
[6] *Kalinin, V,I., Mihailov N.M.* Material electric rulant pentru cale ferată, Ed. de transport pe calea ferată, Moscova, 1957.
[7] *Iakovlev, D.V.* Locomotiva electrică H 60, VI—POMPC, Moscova, 1961.

Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R.

Măsurarea neuniformităţilor magnetice azimutale

Constantin Iliescu, Ştefan Haltrich, Iulian Leibovici* — Bucureşti

În articol ultimul din seria de trei articole consacrate măsurării parametrilor magnetici ai acceleratorului de electroni de tip betatron de la I.F.A. se analizează determinarea abaterilor cîmpului magnetic de la simetria cilindrică şi efectele acestora asupra mişcării electronilor.

Într-un articol precedent [1], s-a arătat că programul măsurărilor magnetice la betatronul de 30 MeV al I.F.A. a constat, în esenţă, din verificarea celor trei condiţii principale, şi anume:

1) Menţinerea razei orbitei de echilibru între limitele impuse.
2) Menţinerea indicelui de cîmp care caracterizează variaţia radială a cîmpului magnetic între limitele impuse.
3) Reducerea la minimum a abaterilor distribuţiei cîmpului magnetic de la simetria cilindrică.

Verificarea primelor două condiţii a format subiectul a două articole precedente [1], [2]. În articolul de faţă vom descrie metodele de verificare a celei de-a treia condiţii şi rezultatele obţinute.

CZ. 621.385.83:621.317.4

1. Consideraţii generale

1.1. *Neuniformităţi azimutale de amplitudine şi fază.* Teoria mişcării electronilor în betatron, a fost elaborată [3] la început pe un caz idealizat: s-a presupus că mişcarea electronilor are loc într-un cîmp magnetic director, cu perfectă simetrie cilindrică. Ulterior s-a constatat că micile, dar inevitabilele, abateri de la simetria cilindrică joacă un rol însemnat în mişcarea electronilor, şi deci în funcţionarea acceleratorului. S-a considerat atunci cazul general, în care cîmpul magnetic director depinde nu numai de rază şi de distanţa de la planul median, ci şi de azimut [4], [5]. În plus, cîmpul magnetic variază şi în timp, variaţia fiind de cele mai multe ori sinusoidală.

Prin urmare, expresia cîmpului magnetic director într-un punct oarecare din întrefier este de forma:

$$H(r, \theta, z, t) = H_M(r, \theta, z) \sin [\omega t + \delta(r, \theta, z)]. \quad (1)$$

Pentru analiza care urmează vom presupune r şi z constante, astfel că:

$$H(\theta, t) = H_M(\theta) \sin [\omega t + \delta(\theta)]. \quad (1')$$

În expresia (1'), neuniformităţile azimutale intervin de două ori: o dată în variaţia amplitudinii H_M şi a doua oară în variaţia fazei δ; corespunzător, ele vor fi numite *neuniformităţi azimutale de amplitudine şi de fază.*

După cum se va vedea în cele ce urmează, măsurarea neuniformităţilor azimutale de ambele tipuri se face relativ la amplitudinea $H_M(0)$ şi faza $\delta(0)$, de la un anumit azimut $\theta = 0$ ales în mod arbitrar ca origine.

Pentru fază se consideră $\delta(0) = 0$. Dacă $\delta(\theta)$ este mic, ceea ce în practică este întotdeauna adevărat, se poate aproxima $\sin \delta \simeq \delta$.

În acest caz, pentru $t = 0$ expresia (1') devine:

$$H(\theta, 0) = H_M(\theta) \sin \delta(\theta) \simeq H_M(\theta) \cdot \delta(\theta) \quad (2)$$

şi, prin urmare:

$$\delta(\theta) = \frac{H(\theta,0)}{H_M(\theta)}. \quad (3)$$

Efectul neuniformităţilor magnetice azimutale este în general negativ; neuniformităţile contribuie la reducerea intensităţii fasciculului de particule supuse accelerării, reducere care poate merge pînă la anularea acesteia. În anumite cazuri, s-a obţinut totuşi şi efectul contrar,

* Ing. C. ILIESCU este şef adjunct de laborator, ing. S. HALTRICH şi ing. I. LEIBOVICI sînt ingineri principali la Institutul de fizică atomică.

de creştere a intensităţii. Ambele alternative presupun controlul neuniformităţilor, care se face cel mai uşor prin reducerea lor la minimum în timpul construirii acceleratorului şi prin introducerea, în timpul reglajului, de corecţii şi neuniformităţi variabile după necesităţi. Această cale a fost urmată şi cu ocazia realizării betatronului nostru.

1.2. *Cauzele neuniformităţilor magnetice azimutale.* Neuniformităţile magnetice azimutale se datoresc unor imperfecţiuni constructive.

Neuniformităţile de amplitudine sînt provocate de variaţii ale reluctanţei circuitului magnetic pentru diferite căi de flux. Acestea sînt în parte inevitabile, prin însăşi construcţia circuitului magnetic, care se compune din două miezuri cilindrice, pe care se află bobinele de excitaţie şi între care se află întrefierul util, şi din şase juguri de închidere dispuse în stea. Anumite căi de flux se închid prin juguri pe o cale mai scurtă, iar altele pe una mai ocolită. Variaţii în permeabilitatea magnetică a tolelor conduc de asemenea la variaţii de reluctanţă.

O contribuţie mult mai importantă la variaţiile de reluctanţă o au însă nu porţiunile din fier ale circuitului magnetic ci porţiunile fără fier: între fierul util poate să prezinte abateri geometrice, dacă cele două miezuri nu sînt perfect coaxiale; îmbinările între juguri şi miezuri pot să nu fie uniforme, dacă asamblarea circuitului nu este corect făcută; în sfîrşit, variaţii ale factorului de umplere, care provin din aşezarea necorectă a tolelor, modifică secţiunea efectivă a porţiunii respective din circuit.

Neuniformităţile de fază sînt provocate de variaţii ale pierderilor în fier pentru diferite căi de flux. O primă cauză sînt variaţiile în proprietăţile magnetice ale tolelor (pierderi specifice). Mai însemnate sînt însă scurtcircuitele între tole, care apar în urma defectelor de izolaţie, existenţa unor componente ale fluxului perpendiculare pe suprafaţa tolelor, prezenţa unor piese metalice masive în calea fluxului de scăpări etc.

Împotriva tuturor acestor cauze care duc la apariţia neuniformităţilor de amplitudine şi de fază s-au luat măsuri sistematice pe întreg parcursul execuţiei circuitului magnetic.

Asupra aspectului tehnologic al acestei probleme se va reveni într-o altă lucrare.

2. Măsurarea neuniformităţilor azimutale de amplitudine

2.1. *Metoda de măsurare.* Pentru măsurarea distribuţiei relative $H_M(\theta)/H_M(0)$ a fost aleasă o schemă cu două bobine-sondă, analogă celei folosite la măsurarea indicelui de cîmp [2]. Una dintre bobine a fost fixată la un anumit azimut, la raza orbitei de echilibru ($r = 250$ mm) şi în planul median ($z = 0$). Cealaltă bobină a fost deplasată azimutal pe un cerc de rază $r = 250$ mm, aflat tot în planul median. Deplasarea s-a făcut cu ajutorul dispozitivului nemetalic universal descris în [2].

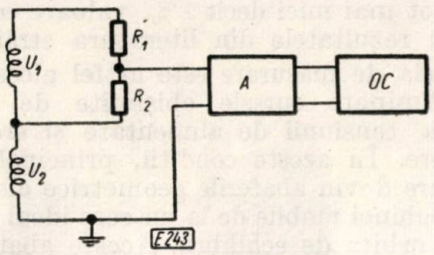


Fig. 1. Schema pentru măsurarea neuniformităţilor azimutale de amplitudine: A – amplificator; O C – osilograf catodic.

Schema electrică este reprezentată în figura 1. Ea este o schemă de compensaţie, care foloseşte ca detector de nul un amplificator de joasă frecvenţă şi un osilograf. La echilibru este satisfăcută relaţia:

$$\frac{U_1(\theta)}{U_2} = \frac{R_1+R_2}{R_2}, \tag{4}$$

în care R_1 cuprinde şi rezistenţa proprie a bobinei *1*. Se alege un azimut de referinţă ($\theta = 0$) şi se calculează raportul:

$$\frac{U_1(\theta)}{U_1(0)} = \frac{H_M(\theta)}{H_M(0)}. \tag{5}$$

În felul acesta se elimină necesitatea etalonării bobinelor.

2.2. *Rezultate.* În figura 2 este reprezentată curba neuniformităţilor relative azimutale de amplitudine $\frac{H_M(\theta) - H_M(0)}{H_M(0)}$.

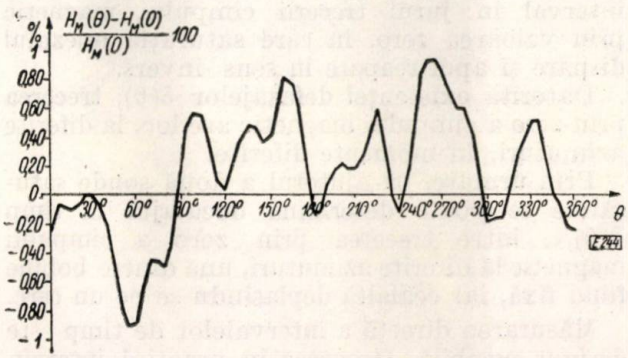


Fig. 2. Curba neuniformităţilor azimutale de amplitudine.

Această curbă prezintă o formă caracteristică, cu şase maxime şi şase minime, care se datoreşte construcţiei circuitului magnetic cu şase juguri. Deplasarea globală a unei porţiuni

din curbă se explică printr-o foarte uşoară înclinare a celor două miezuri, unul faţă de altul (în realitate este vorba de o diferenţă de întrefier mai mică decît o zecime de milimetru).

Neuniformităţile relative de amplitudine sînt peste tot mai mici decît 1 %, valoare comparabilă cu rezultatele din literatura străină [6].

Metoda de măsurare este astfel aleasă, încît sînt eliminate sursele obişnuite de eroare: variaţia tensiunii de alimentare şi erorile de etalonare. În aceste condiţii, principala sursă de eroare devin abaterile geometrice ale traiectoriei bobinei mobile de la un cerc ideal confundat cu orbita de echilibru. Aceste abateri sînt relativ greu de eliminat, mai ales că, pentru explorarea întregului azimut, dispozitivul de deplasare a trebuit demontat şi remontat de cîteva ori.

Deoarece, se măsoară abateri de la distribuţia ideală a cîmpului magnetic, aceste erori intervin ca diferenţe de ordinul al doilea şi pot fi, prin urmare, neglijate.

3. Măsurarea neuniformităţilor azimutale de fază

3.1. *Metoda de măsurare.* Cea mai folosită metodă pentru măsurarea neuniformităţilor azimutale de fază, adică a distribuţiei azimutale $H(\theta,0)$ care intervine în relaţia (3), este metoda bobinelor saturabile. Această metodă, în diferite variante, este folosită în general la măsurarea cîmpurilor magnetice cuprinse între fracţiuni de Oe şi sute de Oe. Ea constă dintr-o bobină-sondă, dispusă în cîmpul magnetic de măsurat, are un miez din material magnetic moale (aliaje cu mare permeabilitate) şi este aşezată cu axa paralelă cu liniile de forţă ale cîmpului magnetic.

Miezul bobinei-sondă se saturează începînd de la valori foarte mici ale cîmpului magnetic exterior. În caz că acesta este variabil în timp, în înfăşurarea bobinei-sondă se induce un impuls de tensiune care corespunde unui scurt interval în jurul trecerii cîmpului magnetic prin valoarea zero, în care saturaţia miezului dispare şi apoi reapare în sens invers.

Datorită existenţei defazajelor $\delta(\theta)$, trecerea prin zero a cîmpului magnetic are loc, la diferite azimuturi, în momente diferite.

Prin urmare, cu ajutorul a două sonde saturabile se poate determina decalajul în timp $\delta(\theta)/\omega$ între trecerea prin zero a cîmpului magnetic la diferite azimuturi, una dintre bobine fiind fixă, iar cealaltă deplasîndu-se pe un cerc.

Măsurarea directă a intervalelor de timp este desigur posibilă. Deoarece în practică intervin însă intervale de ordinul cîtorva microsecunde sau zeci de microsecunde, măsurarea lor directă nu este suficient de precisă. De aceea, am ales o altă cale, şi anume: sonda mobilă este prevăzută cu încă o înfăşurare, de premagnetizare, parcursă de curent continuu furnizat de un redresor stabilizat. Cîmpul magnetic în sonda mobilă este suma a două cîmpuri, unul alternativ şi unul continuu. Momentul apariţiei

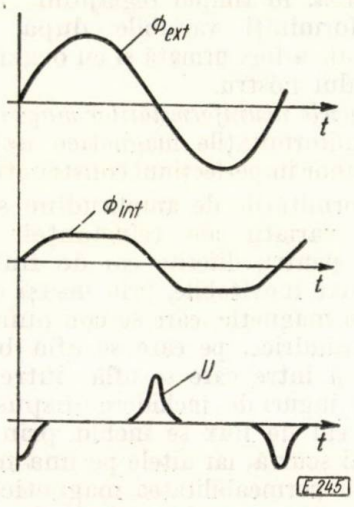


Fig. 3 Principiul de funcţionare al sondei saturabile.

impulsului de tensiune corespunde cu anularea cîmpului total în sondă:

$$H_{cc} + H_M \sin[\omega t + \delta(\theta)] = 0. \qquad (6)$$

Dacă curentul continuu este reglat astfel încît impulsul de tensiune al sondei mobile să coincidă în timp cu cel al sondei fixe, care se consideră plasată la azimutul de referinţă, $\omega t = 0$ şi

$$H_M(\theta) \cdot \delta(\theta) = H(\theta,0) = -H_{cc}. \qquad (7)$$

Din valoarea curentului continuu de premagnetizare necesar pentru a obţine coincidenţa se calculează H_{cc} şi, deci, $H(\theta,0)$.

Coincidenţa dintre cele două impulsuri poate fi pusă în evidenţă în mai multe feluri: cu ajutorul unor circuite de coincidenţă, al unor circuite de adunare sau scădere, precum şi cu alte scheme mai mult sau puţin complexe [7].

Deoarece forma celor două impulsuri nu este perfect identică şi poate varia cu poziţia, am considerat că varianta cea mai precisă şi relativ simplă este suprapunerea vîrfurilor celor două impulsuri pe ecranul unui osciloscop catodic cu două spoturi.

Baza de timp a osciloscopului, aceeaşi pentru ambele spoturi, este declanşată de o a treia sondă saturabilă fixă şi premagnetizată, astfel încît impulsul furnizat să preceadă impulsurile de studiat cu aproximativ 10 μs, în aşa fel ca acestea să apară pe centrul ecranului. Osciloscopul este reglat astfel ca să se obţină mai întîi coincidenţa cu sine însuşi a unui singur impuls trimis pe ambele canale de deflecţie verticală, după care reglajele nu se mai modifică. Se elimină în felul acesta decalajele parazite care ar

putea fi introduse de circuitele electrice, în special de diferențele de sensibilitate a celor două perechi de plăci de deflecție orizontală ale tubului catodic.

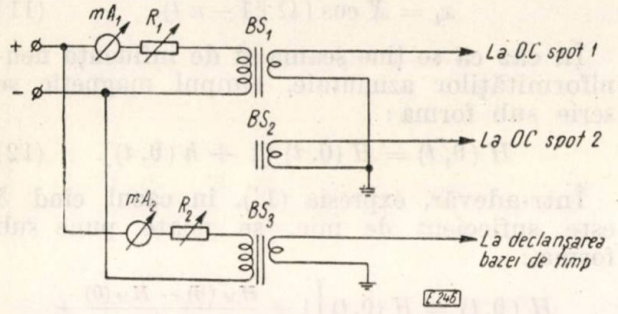


Fig. 4. Schema pentru măsurarea neuniformităților azimutale de fază.

3.2. *Confecționarea și etalonarea bobinelor-sondă saturabile.* Metoda de măsurare prezentată în paragraful precedent este cu atît mai precisă cu cît impulsurile de tensiune furnizate de bobinele-sondă saturabile sînt mai scurte. Pentru obținerea unui impuls scurt, trebuie ca, în primul rînd, materialul magnetic din care se confecționează miezul să aibă un ciclu de hysteresis îngust.

Pentru aceasta se folosesc aliaje magnetice moi cu mare permeabilitate, supuse unui tratament termic special, și se evită îndoirea sau prelucrarea materialului după tratare.

În al doilea rînd se urmărește obținerea unui cîmp magnetic interior în miez cît mai apropiat de cîmpul magnetic exterior. Se știe că :

$$H_{int} = H_{ext} - NJ\,, \qquad (8)$$

în care J este intensitatea de magnetizare, iar N — coeficientul de demagnetizare.

Coeficientul de demagnetizare este cu atît mai mic cu cît permeabilitatea materialului este mai mare și cu cît raportul între lungime și secțiune este mai mare. De asemenea, se recomandă [8] ca înfășurarea de culegere a impulsului să fie bobinată pe mijlocul miezului și ca bobina de premagnetizare să cuprindă în întregime bobina-sondă.

În cazul nostru, după încercări repetate, a fost ales materialul magnetic „Permenorm 5000 Z" sub formă de tablă de 15μ grosime și 10 mm lățime, gata tratată. Fîșia de tablă a fost decupată în bucăți de 30 mm lungime. O asemenea bucată, lipită pe un suport de pertinax de 0,5 mm grosime, pentru a nu suferi deformări, este bobinată cu circa 20 de spire din conductoare de cupru emailat de 0,1 mm diametru.

Astfel de sonde saturabile au furnizat impulsuri de circa 10μs lățime la bază (la 10% din amplitudine) și de circa 1 V amplitudine, pentru o viteză de variație a cîmpului magnetic exterior de 0,65 Gs/μs.

Pentru declanșarea osciloscopului, care necesită un impuls de cîteva zeci de volți amplitudine, a fost folosită o înfășurare de 1000 de spire.

Bobina de premagnetizare a sondei mobile a avut 250 de spire.

Pentru a calcula cîmpul magnetic H_{cc} necesar în relația (7) pornind de la curentul de premagnetizare măsurat cu miliampermetrul mA_1 (fig. 4), este necesară etalonarea bobinei de premagnetizare, adică aflarea constantei :

$$k = \frac{H_{cc}}{I_{cc}}\,. \qquad (9)$$

Etalonarea a fost făcută cu ajutorul unui solenoid lung bobinat într-un singur strat, a cărui constantă poate fi destul de precis determinată prin calcul. S-a realizat un cuplaj strîns între solenoid, bobina de etalonat și o a treia bobină de culegere conectată la un detector. Solenoidul a fost alimentat fie în curent continuu, în care caz detectorul a fost un galvanometru balistic, fie în curent alternativ de frecvență muzicală (1 000 Hz), în care caz detectorul a fost un milivoltmetru electronic.

S-au alimentat succesiv solenoidul și bobina de etalonat cu un curent cunoscut. Raportul dintre constanta solenoidului și constanta căutată a bobinei de premagnetizare a fost calculat din raportul indicațiilor respective ale detectorului.

Constanta de etalonare determinată cu metodele descrise a fost găsită $k = 0{,}093$ Gs/mA.

3.3. *Rezultate.* Cu ajutorul schemei din figura 4 a fost ridicată curba $H(\theta, 0)$, luîndu-se ca azimut de referință poziția sondei fixe.

Apoi s-a calculat $\delta(\theta)$ cu formula (3) și s-a reprezentat în figura 5. Defazajul poate fi exprimat în radiani sau minute de arc.

Azimutul de referință fiind arbitrar, el a fost modificat ulterior, pentru a se obține o curbă

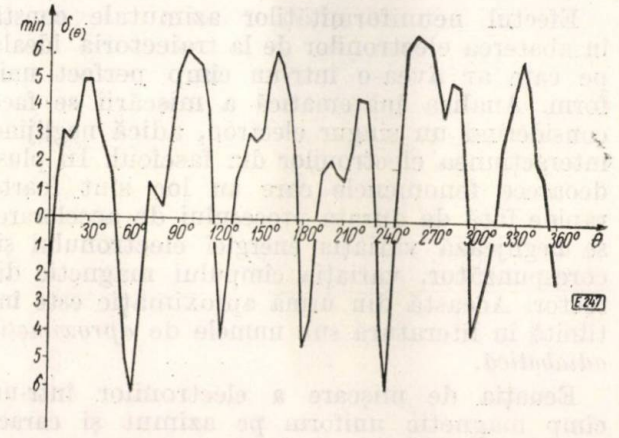


Fig. 5. Curba neuniformităților azimutale de fază.

a neuniformităților cu oscilații pozitive și negative simetrice. Aceasta explică faptul că pe figura 5 $\delta(0) \neq 0$.

Curba prezintă aceleaşi şase maxime şi minime caracteristice care apar şi în cazul neuniformităţilor de amplitudine. Ca şi în cazul amintit, cauza rezidă în structura de stea cu şase juguri a circuitului, poziţia maximelor fiind corespunzătoare cu poziţia jugurilor. Abaterile maxime ale defazajului nu depăşesc $\pm$ 6 minute, ceea ce este comparabil cu datele din literatura străină [9].

Sensibilitatea metodei de măsurare, definită ca valoare minimă de cîmp care provoacă un decalaj între impulsurile celor două sonde, încă observabil pe ecranul oscilografului, a fost măsurată şi găsită egală cu 0,1 gauss. Această valoare este de cîteva ori mai bună decît cea strict necesară, din considerente practice. Precizia este de asemenea ridicată, erorile introduse de factori ca: variaţia tensiunii de alimentare, nereproductibilitatea poziţiei bobinelor-sondă, erorile în măsurarea curentului de premagnetizare etc. au o contribuţie aproximativ egală cu sensibilitatea schemei.

Ca şi celelalte scheme destinate măsurării altor parametri, schema de măsurare a neuniformităţilor azimutale de fază a fost pusă la punct în prealabil pe modelul magnetic plan [2].

Încă din acest stadiu, această schemă şi-a demonstrat utilitatea punînd în evidenţă efectul negativ al bobinajului de corecţie aflat pe miezul central şi executat din cupru masiv. Curenţii turbionari induşi în bobinaj provocau defazaje care variau cu raza, defazaje şi mai dăunătoare decît acelea variabile cu azimutul, deoarece modifică valoarea indicelui de cîmp la cîmpuri mici [2]. Înlocuirea conductorului masiv cu un altul lităt a înlăturat defazajele supărătoare.

4. Influenţa neuniformităţilor azimutale asupra mişcării electronilor

Efectul neuniformităţilor azimutale constă în abaterea electronilor de la traiectoria ideală pe care ar avea-o într-un cîmp perfect uniform. Analiza matematică a mişcării se face considerînd un singur electron, adică neglijînd interacţiunea electronilor din fascicul. În plus, deoarece fenomenele care au loc sînt foarte rapide faţă de durata procesului de accelerare, se neglijează variaţia energiei electronului şi, corespunzător, variaţia cîmpului magnetic director. Această din urmă aproximaţie este întîlnită în literatură sub numele de *aproximaţie adiabatică*.

Ecuaţia de mişcare a electronilor într-un cîmp magnetic uniform pe azimut şi caracterizat printr-un anumit indice de cîmp n [2] este:

$$\ddot{x} + \Omega^2 (1 - n)\, x = 0, \qquad (10)$$

în care $x = r - r_e$ este abaterea de la raza orbitei de echilibru, iar Ω este viteza unghiulară a electronului*.

Soluţia acestei ecuaţii este o funcţie armonică care descrie oscilaţiile radiale „libere" ale electronului:

$$x_l = X \cos (\Omega \sqrt{1 - n}\, t). \qquad (11)$$

În caz că se ţine seama şi de influenţa neuniformităţilor azimutale, cîmpul magnetic se scrie sub forma:

$$H(\theta, t) = H(0, t)\,[1 + h(\theta, t)]. \qquad (12)$$

Într-adevăr, expresia (1'), în cazul cînd δ este sufiecient de mic, se poate pune sub forma:

$$H(\theta, t) = H(0, t)\left[1 + \frac{H_M(\theta) - H_M(0)}{H_M(0)} + \frac{H_M(\theta)}{H_M(0)} \frac{\delta(\theta)}{\operatorname{tg} \omega t}\right]. \qquad (13)$$

Termenul perturbator are deci expresia:

$$h(\theta, t) = \frac{H_M(\theta) - H_M(0)}{H_M(0)} + \frac{H_M(\theta)}{H_M(0)} \frac{\delta(\theta)}{\operatorname{tg} \omega t}, \qquad (14)$$

adică este suma a doi termeni, primul reprezentînd contribuţia neuniformităţilor azimutale de amplitudine, independentă de timp, iar al doilea, contribuţia neuniformităţilor azimutale de fază, mai pronunţată la cîmpuri mici.

Datorită faptului că influenţa neuniformităţilor azimutale este maximă la cîmpuri mici, expresiile (12) şi (14) se particularizează pentru momentul injecţiei electronilor, cînd cîmpul magnetic este minim, şi deci situaţia este cea mai defavorabilă:

$$H(\theta, t_0) = H(0, t_0)\,[1 + h(\theta, t_0)] =$$

$$= H(0, t_0)\left[1 + \frac{H_M(\theta) - H_M(0)}{H_M(0)} + \frac{H_M(\theta)}{H(0, t_0)}\, \delta(\theta)\right]. \qquad (15)$$

Ecuaţia de mişcare devine în acest caz:

$$\ddot{x} + \Omega^2 (1 - n)\, x = - \Omega^2 r_e\, h(\theta, t_0), \qquad (16)$$

care se deosebeşte de ecuaţia (10) prin apariţia unui termen liber. Prezenţa termenului liber corespunde cu suprapunerea peste oscilaţiile „libere", descrise de soluţia ecuaţiei omogene (11), a unor oscilaţii „forţate", descrise de o soluţie particulară a ecuaţiei (16).

Pentru obţinerea acestei soluţii [4], [5] se dezvoltă termenul perturbator în serie Fourier:

$$h(\theta, t_0) = \sum_{l=1}^{\infty} \left[a_l \sin (l\theta + \alpha_l) + \frac{H_M(\theta)}{H(0, t_0)}\, \delta_l \sin (l\theta + \beta_l)\right] = \sum_{l=1}^{\infty} c_l \sin (l\theta + \gamma_l). \qquad (17)$$

* Ecuaţia (10) descrie numai proiecţia radială a mişcării. Proiecţia axială este descrisă de o ecuaţie de acelaşi tip.

Soluția particulară căutată este de forma :

$$x_f = r_e \sum_{l=1}^{\infty} \frac{c_e}{l^2+n-1} \sin(l\theta + \gamma_l) =$$

$$= r_e \sum_{l=1}^{\infty} \frac{1}{l^2+n-1} \left[a_l \sin(l\theta + \alpha_l) + \right.$$

$$\left. + \frac{H_M(\theta)}{H(0,t_0)} \delta_l \sin(l\theta + \beta_l) \right]. \qquad (18)$$

Pentru a reduce oscilațiile forțate, este deci necesar :

a) Să fie reduse cu precădere armonicele de ordin mic ale neuniformităților azimutale, deoarece contribuția armonicelor scade cu pătratul ordinului armonicei. Armonica preponderentă este determinată de numărul de juguri ale circuitului magnetic, în cazul nostru fiind armonica a șasea.

Efectul va fi deci mai redus decît în cazul unui betatron cu două sau cu patru juguri [9].

b) Injecția să aibă loc la un cîmp $H(0, t_0)$ cît mai mare, pentru a reduce contribuția neuniformităților azimutale de fază.

În cazul nostru, ca și la majoritatea betatroanelor descrise în literatură, neuniformitățile azimutale de amplitudine, fiind sub 1%, nu au avut un efect perturbator sensibil. Neuniformitățile de fază au necesitat însă corecții într-un mare număr de cazuri, corecții care au dus la o îmbunătățire mai mult sau mai puțin substanțială a intensității fasciculului. De remarcat că aceste corecții nu au tins neapărat către anularea neuniformităților, ci către crearea unei variații azimutale favorabile capturii electronilor [5].

Dezvoltarea în serie Fourier a curbelor din figurile 2 și 5 a fost efectuată cu ajutorul mașinii electronice de calcul CIFA-2*.

Rezultatele sînt rezumate în tabela 1.

Cu ajutorul datelor din tabela 1 și al formulei (18) a fost calculată traiectoria unui electron care execută oscilații „forțate" în jurul orbitei de echilibru, sub influența neuniformităților azimutale.

Sumarea s-a făcut pentru primele șase armonice, efectul celorlalte fiind neglijabil. Rezultatul este reprezentat în figura 6.

Din figură reiese că amplitudinea oscilațiilor „forțate" nu depășește 10 mm.

Traiectoriile reale ale electronilor vor fi suma oscilațiilor „libere" și a celor „forțate". Datorită faptului că condițiile de injecție nu sînt identice pentru toți electronii, rezultă că și oscilațiile „libere" vor fi diferite. Se poate totuși prevedea că funcționarea betatronului este posibilă fără corectarea neuniformităților azimutale.

* Autorii mulțumesc pentru efectuarea acestor calcule tov. ing. V. Toma și matematician N. Moldovan.

Tabela 1

Amplitudinea și faza armonicelor neuniformităților azimutale

l	1	2	3	4	5	6
a_l (%)	0,347	0,230	0,207	0,105	0,080	0,276
$\frac{a_l}{l^2+n-1}$ (%)	0,463	0,061	0,024	0,007	0,003	0,008
α_l (gr)	135	169	303	274	80	107,5
$\delta_l (10^{-3}\text{rad})$	0,108	0,198	0,311	0,353	0,117	1,022
$\frac{\delta_l}{l^2+n-1} (10^{-3}\text{ rad})$	0,144	0,053	0,035	0,022	0,005	0,029
β_l (gr)	171	162,5	312	294	33	102,5

Punerea în funcțiune a betratronului a verificat justețea acestor previziuni. Mai mult, corectarea experimentală a neuniformităților de fază nu a adus o creștere substanțială a numărului de electroni accelerați [10].

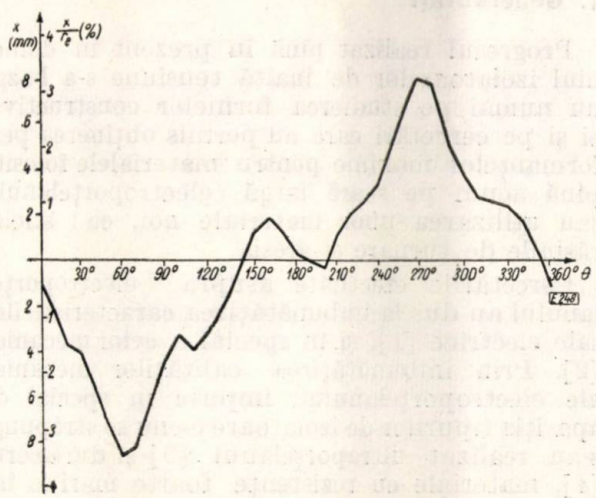


Fig. 6. Traiectoria unui electron care execută oscilații „forțate" în jurul orbitei de echilibru.

În încheiere, autorii mulțumesc colectivului de cercetători, ingineri și tehnicieni de la betatronul Institutului de fizică atomică, pentru colaborarea permanentă și eficace pe întreaga durată a lucrărilor.

Bibliografie

[1] *Iliescu, C., Haltrich, St., Leibovici, I.* Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R. Determinarea poziției orbitei de echilibru. În : Electrotehnica, **10**, 1, 1962, p. 3—10.

[2] *Iliescu, C., Haltrich, St., Leibovici, I.* Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R. Determinarea distribuţiei radiale a indicelui de cîmp în planul median. În : Electrotehnica, **10**, 1962, 4.

[3] *Kerst, D.W., Serber, R.* Electronic Orbits in the Induction Accelerator, Phys. Rev., **60**, 1941, p. 53—58.

[4] *Bohm, D., Foldy, L.* Theory of the Synchrotron, Phys. Rev., **70**, 1946, p. 249—258.

[5] *Goward, F.K.* Effect of Azimuthal Inhomogeneities in the Magnetic Field of a Betatron or Synchrotron, Proc. Phys. Soc., **61**, 1948, p. 284—293.

[6] *Fry, D.W.* ş.a. The Design and Operation of a 30 MeV Synchrotron, Journal. Inst. Electr. Eng., **97**, 1950, p. 306—319.

[7] *Ананьев Л. М., Воробьев, Горбунов, В. И.* Индукционный ускоритель-электронов — Бетатрон, Госатомиздат, Москва, 1961, p. 256—267.

[8] *Kelly, J.* Magnetic Measurements with Peaking Strips, Rev. Sci. Instr., **22**, 1951, p. 256—258.

[9] *Гельперин, Б. Б.* Принципы проектирования и основные данные бетатронных установок Московского трансформаторного завода, Атомная Энергия, **7**, p. 6, 1959, 509—518.

[10] *Ciorăscu, F.* ş.a. Unele probleme ale punerii în funcţiune şi reglajului betatronului I.F.A. În : Studii şi Cercetări de Fizică, 1962 (sub tipar).

Mase de sticlă pentru izolatoare de înaltă tensiune

Dumitru Ţenţulescu, Ida Goldenberg, Chiril Popescu, Florin Tănăsescu* – Bucureşti

După ce se analizează proprietăţile electrofizice impuse maselor de sticlă folosite la fabricarea izolatoarelor de înaltă tensiune, se descriu masele de sticlă experimentate, insistîndu-se în special asupra sticlei R_1, realizată cu materii prime din ţară, şi care oferă performanţe ridicate.

Se descriu încercările tip pentru determinarea caracteristicilor pe epruvete, ca şi o serie de încercări suplimentare : variaţia tg δ şi ε cu temperatura pentru piese de sticlă călite şi necălite.

Repetatele experienţe arată că, în procesul călirii pieselor, creşterea pierderilor faţă de temperatură este de maximum 10%, pentru temperaturi neuzuale de 160°C. Masa de sticlă studiată, R_1, a fost folosită pentru executarea izolatoarelor de sticlă tip lanţ IF-1.

CZ. 621.315.622.1 : 621.315.612.6

1. Generalităţi

Progresul realizat pînă în prezent în domeniul izolatoarelor de înaltă tensiune s-a bazat nu numai pe studierea formelor constructive, ci şi pe cercetări care au permis obţinerea performanţelor maxime pentru materialele folosite pînă acum pe scară largă (electroporţelanul), sau utilizarea unor materiale noi, ca : sticla, răşinile de turnare şi gresia.

Cercetările efectuate asupra electroporţelanului au dus la îmbunătăţirea caracteristicilor sale electrice [1], şi în special a celor mecanice [2]. Prin îmbunătăţirea calităţilor mecanice ale electroporţelanului, impuse în special de apariţia tipurilor de izolatoare ce nu se străpung, s-au realizat ultraporţelanul [3] şi durelcerul [4], materiale cu rezistenţe foarte mari la încovoiere. S-au obţinut, de asemenea, glazuri care contribuie la mărirea rezistenţei mecanice a izolatoarelor [5].

Dintre materialele noi, răşinile de turnare şi-au găsit aplicaţii la construcţia de izolatoare-suport şi trecere pentru aparataj de înaltă tensiune [6], iar gresia a început să fie studiată în vederea construirii unor elemente în lanţuri de izolatoare [7].

Deşi sticla a fost folosită de mult timp pentru construirea izolatoarelor de joasă tensiune din domeniul distribuţiei de energie şi al telecomunicaţiilor, în reţelele de înaltă tensiune ea nu a fost folosită pe scară largă decît în ultimii ani, cînd proprietăţile slabe pe care le avea (rezistenţa mecanică mică şi şocul termic scăzut) au fost înlăturate prin aplicarea unor procedee moderne de tratare termică, prin călire [8, 9, 10]. Prin trecerea bruscă a piesei de sticlă din stare plastică în stare elastică, sub acţiunea unei răciri intense, se creează un sistem de tensiuni de compresiune şi tracţiune în stare de echilibru, care îmbunătăţesc considerabil proprietăţile mecanice şi termice ale sticlei.

Progresul obţinut prin călire a făcut din sticlă un concurent serios al porţelanului, multe linii de tensiuni înalte (400—500 kV) fiind echipate cu lanţuri din elemente din sticlă călită [11, 12]. La aceasta au contribuit nu numai performanţele ridicate ale sticlei călite, ci şi faptul că prelucrarea sticlei se pretează la o mecanizare şi automatizare completă [10, 13, 14, 15], care duc în final la o reducere a preţului de cost cu 30—40% faţă de piesele similare din porţelan.

2. Influenţa compoziţiei chimice a sticlei asupra proprietăţilor sale electrofizice

După structura sa, sticla aparţine corpurilor lichide ; totuşi, ea nu se deosebeşte cu nimic de corpurile solide, avînd o mare stabilitate de for-

* Ing. D. ŢENŢULESCU este şeful secţiei de sticlă din INCERC, ing. I. GOLDENBERG este şef de laborator la acelaşi institut, ing. C. POPESCU este cercetător principal la ICET, ing. FL. TĂNĂSESCU este cercetător la acelaşi institut.

mă şi volum. Ea este considerată de unii cercetători ca un lichid suprarăcit, din care moleculele sînt împiedicate în mişcarea lor oscilatorie, iar analiza Roentgen pune în evidenţă o reţea specifică de structură reticulară, fără periodicitatea care se întîlneşte la alte reţele cristaline [16]. După unii cercetători [13], trebuie atribuită sticlei o reţea cristalină în spaţiu, constituită din tetraedri de SiO_4 aşezaţi neregulat.

După compoziţia lor, sticlele reprezintă soluţii solide de diferiţi oxizi. În afară de oxizii care pot singuri să formeze sticla (SiO_2 şi B_2O_3), în compoziţia sticlei mai intră o serie întreagă de oxizi care pot modifica proprietăţile fizice şi chimice ale acesteia. Introducerea diferiţilor oxizi, precum şi modificarea proporţiei acestora în compoziţia sticlei duc la obţinerea unor sticle cu proprietăţi foarte variate. Pentru ca o masă de sticlă să poată fi folosită cu succes la fabricarea izolatoarelor, i se cer anumite valori pentru rigiditatea dielectrică, pierderile dielectrice (tg δ), constanta dielectrică (ε), rezistivitatea internă (ρ_v) rezistenţa de suprafaţă (ρ_s) şi rezistenţa mecanică şi termică.

2.1. *Rigiditatea dielectrică* (kV/cm). Influenţa compoziţiei chimice a sticlei asupra rigidităţii dielectrice [17] este arătată în diagramele din figurile 1 şi 2, unde se arată rolul pe care-l au diferiţii oxizi, atunci cînd înlocuiesc procente diferite de SiO_2. Astfel în figura 1 se arată cum variază rigiditatea dielectrică a unei sticle cu 80% (SiO_2+Na_2O), 20% PbO, atunci cînd se înlocuieşte SiO_2 prin Na_2O, şi anume ea scade cu cît conţinutul de înlocuitori este mai mare. Astfel, pentru 10% Na_2O ce înlocuieşte SiO_2 corespunde o rigiditate dielectrică de 525 kV/cm, iar la 25% Na_2O, 400 kV/cm. Introducerea alcaliilor în compoziţia masei de sticlă are ca efect coborîrea temperaturii de topire; trebuie acordată însă atenţie proporţiei acestora, întrucît o cantitate mare de oxizi alcalini în sticlă duce la rigidităţi dielectrice mici.

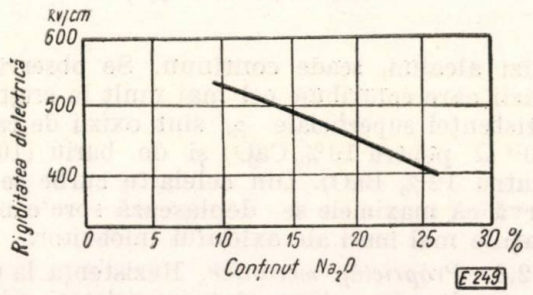


Fig. 1. Influenţa alcaliilor asupra rezistenţei la străpungere, sticla 80% (SiO_2 + Na_2O), 20% PbO [16].

Dintre oxizii alcalini, oxidul de sodiu este mai dăunător decît cel de potasiu. Este indicat ca sticla să nu conţină în acelaşi timp oxizi alcalini diferiţi şi în cantităţi mari, deoarece proprietăţile ei electroizolante sînt mai scăzute decît în cazul prezenţei unui singur oxid alcalin. Acest efect a fost denumit de către Scanavi [16] „efect neutralizator".

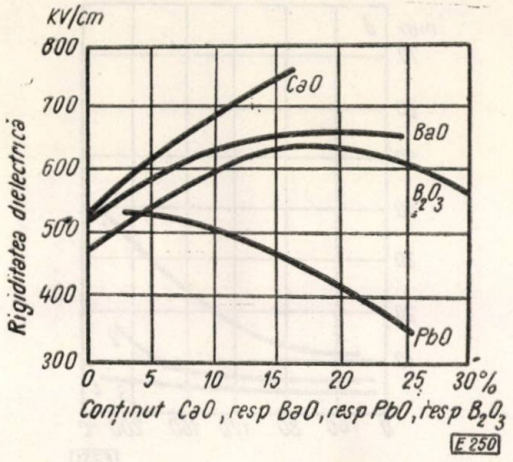


Fig. 2. Influenţa CaO, BaO, B_2O_3, PbO asupra rezistenţei la străpungere, sticla 82% (SiO_2 + CaO, respectiv BaO, respectiv PbO), 18% Na_2O [16].

La un anumit procent de alcalii, introducerea în anumite proporţii a oxizilor de Ca, Ba, B influenţează favorabil rigiditatea dielectrică, pe cînd oxizii de Pb o înrăutăţesc. În figura 2 se arată influenţa unor oxizi asupra rigidităţii dielectrice a unei sticle cu 82% (SiO_2 + CaO), 18% Na_2O, atunci cînd se înlocuieşte SiO_2 prin: CaO, BaO, PbO, B_2O_3. Se observă din diagramă că introducerea a 15% CaO, în loc de SiO_2, duce la creşterea rigidităţii dielectrice pînă la 750 kV/cm. De asemenea, introducerea a 15—18% BaO sau B_2O_3 duce la rigidităţi dielectrice de valori mari, de peste 600 kV/cm, pe cînd introducerea a 25% Pb o scade pînă la 350 kV/cm.

2.2. *Pierderile dielectrice* (tgδ). S-a constatat că oxizii de sodiu şi litiu măresc pierderile dielectrice, datorită mobilităţii ionilor respectivi în reţeaua de sticlă. Înlocuirea parţială sau totală a oxizilor de sodiu cu potasiu micşorează pierderile dielectrice, iar creşterea tg δ cu temperatura este mult mai mică, aşa cum rezultă din figura 3 [19]. Introducerea de ox zi grei ai căror ioni sînt puţin mobili, micşorează pierderile dielectrice, în funcţie de temperatură; de aceea, la sticla cu conţinut mare de oxizi grei tg δ variază foarte puţin cu temperatura.

2.3. *Constanta dielectrică* (ε). Constanta dielectrică a sticlei este influenţată de compoziţia chimică a acesteia, şi variază între 3,75 pentru sticla de cuarţ, şi 16,2 pentru sticla de silicat de Pb. Oxizii alcalini şi oxizii metalelor grele influenţează constanta dielectrică a sticlei: cu cît conţinutul lor în sticlă este mai ridicat, cu atît constanta dielectrică este mai mare. De asemenea, constanta dielectrică a sticlei

variază cu temperatura. Astfel, în cazul sticlei de cuarț sau de bor, aceasta variază puțin cu temperatura, pînă la 400—500°C, iar în cazul sticlelor alcaline de silicat sau borat, creșterea

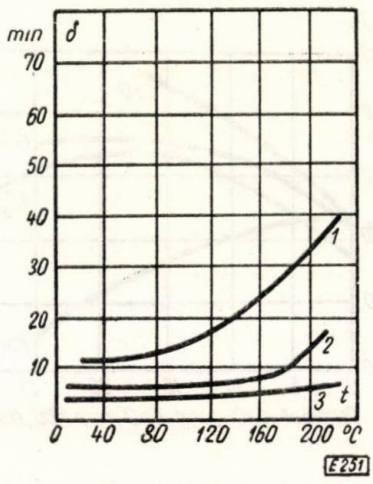
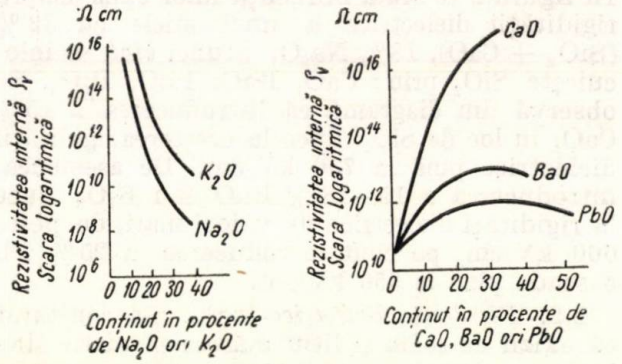


Fig. 3. Dependența de temperatură a unghiului de pierderi dielectrice [16]:
1 — pirexul normal de sodiu; *2* — pirexul de sodiu și potasiu; *3* — pirexul de potasiu.

constantei dielectrice cu temperatura începe de la valori mai mici ale temperaturii.



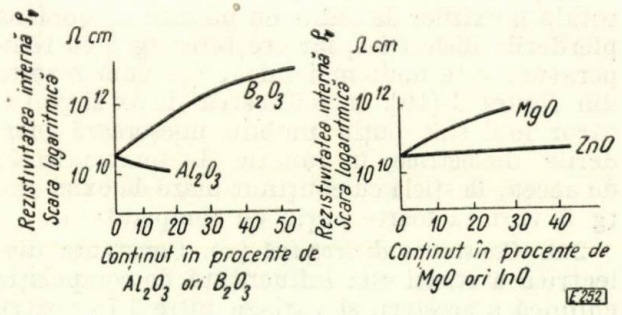


Fig. 4. Influența diverșilor oxizi din sticlă asupra rezistivității interne ρ_v [17].

2.4. *Rezistivitatea internă* [ρ_v (Ω cm)]. Aceasta este în mare măsură influențată de compoziția chimică [17, 18, 19], așa cum rezultă și din diagramele din figura 4, în care este arătată variația rezistivității interne ρ_v atunci cînd SiO_2 din sticlă este înlocuit parțial cu diferiți oxizi. Se observă că influența cea mai favorabilă o au oxizii alcalini de sodiu și potasiu, în cantități mici, și oxizii de calciu și bariu; oxizii de magneziu și de aluminiu au o contribuție neînsemnată, și nu sînt indicați pentru îmbunătățirea acestei caracteristici.

2.5. *Rezistența superficială* [ρ_s (Ω)]. Variația lui ρ_s cu compoziția sticlei este dată în figura 5. Se constată că adaosurile de diferiți oxizi influențează asupra rezistenței superficiale ρ_s, prin creșterea acesteia pînă la o valoare maximă pentru diferite procente de SiO_2 înlocuit cu oxidul respectiv. Fac excepție oxizii alcalini de sodiu și potasiu, la care curba rezistenței superficiale ρ_s, funcție de procentul de

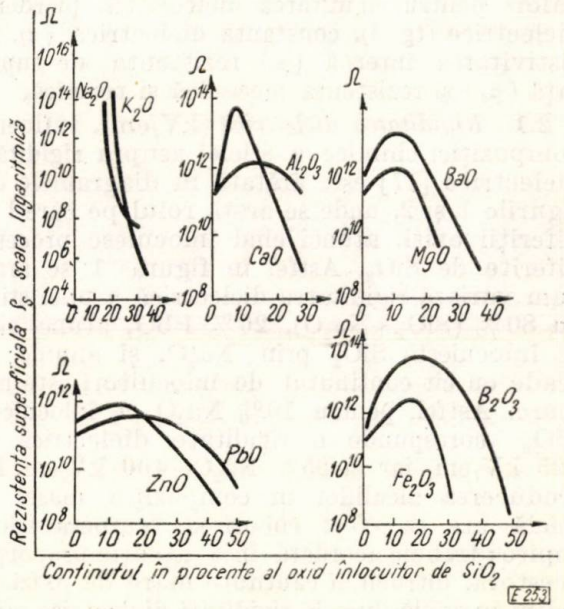


Fig. 5. Influența diverșilor oxizi din sticlă asupra rezistenței superficiale ρ_s [17].

oxizi alcalini, scade continuu. Se observă că oxizii care contribuie cel mai mult la creșterea rezistenței superficiale ρ_s sînt oxizii de calciu (10^{14} Ω pentru 10% CaO) și de bariu (10^{13} Ω pentru 12% BaO). Din celelalte curbe se observă că maximele se deplasează spre concentrațiile mai mari ale oxidului înlocuitor.

2.6. *Proprietăți mecanice.* Rezistența la tracțiune și compresiune sînt proprietăți aditive și se pot calcula în funcție de compoziția chimică [20]. Elementele cu mase ionice mici, ca Zn, Bo, Mg, Al, măresc rezistența mecanică a sticlei, a cărei rezistență la tracțiune poate varia între 400 și 1 000 kg/cm², iar rezistența la compresiune între 6 000 și 12 000 kg/cm². Rezistența la încovoiere este influențată de

compoziția sticlei, fără a fi proprietate aditivă. Conținutul de oxizi alcalini influențează proprietățile mecanice în măsură mai mare numai la adaosuri neuzuale (circa 30%), adaosuri care duc la micșorarea substanțială a calităților electrice [21].

2.7. *Proprietăți termice.* Dintre proprietățile termice interesează în mod special rezistența la șoc termic, strîns legată de coeficientul de dilatare termică a sticlei. Rezistența la șoc termic este dependentă de mai mulți factori [22], și anume de rezistența la tracțiune P, de modulul de elasticitate E și de coeficientul de dilatație α, după formula:

$$t = \frac{2P}{\alpha E}$$

În ultimul timp, studii aprofundate au permis ca, prin tratamente termice adecvate, proprietățile mecanice ale sticlei să crească [8, 10, 23, 24], permițînd ca sticla să ofere rezistențe mecanice mai bune chiar decît cele ale porțelanului.

3. Rezultate experimentale în R.P.R.

Întrucît masele de sticlă realizate sînt destinate fabricării izolatoarelor electrice de înaltă tensiune, unde materialul predominant este porțelanul, s-a căutat să se obțină o sticlă care să asigure cel puțin aceleași caracteristici ca porțelanul (electrotehnic). Astfel, Institutul de cercetări pentru materiale de construcții, în colaborare cu Institutul de cercetări electrotehnice, a studiat o serie de mase de sticlă, în vederea obținerii unor caracteristici electrotehnice corespunzătoare. Compozițiile acestor mase de sticlă au fost subliniate în tabela 1.

Sticla R_1*, avînd compoziția unui eutectic din sistemul $SiO_2 - Al_2O_3 - CaO - MgO$, este o sticlă termorezistentă, fără bor, care, datorită conținutului mic de alcalii, a prezentat premisele pentru a se putea obține caracteristici electrofizice care să o facă aptă de a fi folosită la fabricarea izolatoarelor de sticlă.

Pentru majoritatea maselor de sticlă s-au utilizat materii prime indigene, cu excepția sticlelor B_1, B_2, B_3, care necesită acid boric, sau borax care se procură din import.

Topirea sticlelor s-a efectuat într-un cuptor-vană, la temperaturi uzuale cuprinse între 1 400 și 1 500°C, cu excepția sticlei R_1 care a necesitat o temperatură mai mare de 1 500°C.

Topirea sticlei R_1 s-a efectuat în două etape: pretopire cu granulare și topire finală pentru prelucrarea topiturii. Această soluție a fost impusă de faptul că, la topirea sticlelor cu un conținut scăzut de alcalii, se produce separarea unei cruste silicioase la suprafața topiturii, care conduce la neomogenitatea sticlei și prin urmare la imposibilitatea de a fi prelucrată. Epruvetele necesare pentru determinarea caracteristicilor s-au obținut prin presare. Din sticla calcosodică C și cea termorezistentă R_1, s-au tratat termic o serie de probe, pentru a se determina proprietățile mecanice și termice pe piese călite. Rezultatele determinărilor electrice efectuate asupra acestor mase au fost trecute în tabela 2, unde, în comparație, au fost trecute și valorile minime cerute de standard pentru porțelan [25].

Electrozii epruvetelor au fost realizați prin metalizarea sticlei cu aluminiu. Acest gen de electrozi mărește precizia determinărilor, în special a celei a rigidității dielectrice, determinare care se face sub ulei, pentru a evita conturnarea

Tabela 1

Compoziția maselor de sticlă studiate

Componenții sticlei	Denumirea sticlei									
	C	B_1	B_2	B_3	Ba_1	Ba_2	Ba_3	Ba_4	Ba_5	R_1
SiO_2	73,0	73,0	73,0	73,0	73,0	72,0	72,0	72,0	74,0	61,5
Al_2O_3	2,0	5,0	5,0	5,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	18,0
CaO	10,0	7,0	7,5	7,5	10,0	5,0	5,0	5,0	8,0	10,0
MgO	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	9,0
Na_2O	15,0	7,0	10,0	12,0	10,0	13,0	11,0	9,0	9,0	1,5
B_2O_3	—	7,5	4,5	2,5	—	—	—	—	—	—
BaO	—	—	—	—	5,0	8,0	10,0	12,0	5,0	—

Dintre acestea, unele au compoziții uzuale, și anume: sticla C, o sticlă calcosodică utilizată în mod curent în sticlărie, și sticlele B_1, B_2, B_3 (folosite în industria farmaceutică), la care trioxidul de bor introdus ameliorează proprietățile electrice și, prin reducerea coeficientului de dilatare termică, ridică rezistența termică a sticlei. Pe linia îmbunătățirii proprietăților electrice au fost studiate sticlele cu adaos de oxizi de bariu, notate cu $Ba_1 \ldots Ba_5$.

[26]. Metodica de încercări a fost aceeași cu cea folosită la determinarea caracteristicilor pentru epruvete de porțelan [27], și în concordanță cu recomandările CEI [28].

Sticla C, cu compoziție calcosodică simplă, satisface condițiile impuse corespunde cu excep-

* Sticla R_1 a fost realizată de un colectiv format din ing. ȚENȚULESCU D., ing. GOLDENBERG I., ing. LUNGU S., și a fost utilizată pe scară industrială la fabricarea vaselor termorezistente.

Caracteristicile electrice ale maselor de sticlă studiate * *Tabela 2*

	Denumirea sticlei							
	C	B_1	B_3	Ba_1	Ba_4	Ba_5	R_1	Porțelan
Rigiditatea dielectrică, kV/cm	344	482	363	384	279	317	412	min. 200
Constanta dialectică ε	8,38	8,82	7,84	9,05	7,48	8,2	7,18	4—6
tg δ	0,037	0,025	0,035	0,054	0,016	0,035	0,0035	0,0017—0,025
ε tg δ	0,312	0,176	0,275	0,489	0,120	0,270	0,025	0,0068—0,15
$\rho_v \cdot 10^{13} \Omega$ cm	1,44	1,05	2,23	1,21	1,57	1,7	28,7	min. 10^{12}
$\rho_s \cdot 10^{13}$ Ω cm	1,71	1,8	1,0	1,52	1,81	1,10	35,5	min. 10^{12}

* Definite conform STAS 2740-51.

ția tg δ care este prea mare (0,0373 față de 0,025). Această cifră este explicată prin utilizarea alcaliilor sodice; îmbunătățirea tg δ prin utilizarea alcaliilor potasice nu este recomandată pentru țara noastră, întrucît alcaliile potasice sînt produse deficitare.

Sticlele cu bor, B_1—B_3, satisfac condițiile electrice, cu excepția tg δ care pentru sticla B_3 este prea mare, iar la sticla B_1 este la limita superioară, 0,025. De fapt, această sticlă nu este indicată nici din punct de vedere economic, întrucît necesită materii prime care se procură din import (borax sau acid boric).

Dintre sticlele cu bariu studiate, Ba_1—Ba_5, singura care îndeplinește toate condițiile pentru a putea fi folosită este Ba_4. Celelalte, deși au rigiditatea dielectrică, rezistivitatea internă și rezistența superficială superioare valorilor cerute de norma porțelanului, au tg δ mai mare decît cea admisibilă. Introducerea oxidului de bariu nu poate elimina în totul influența negativă pe care o au oxizii alcalini; totuși, în cazul sticlei Ba_4, introducerea în compoziție a 12% BaO face ca tg δ să ia o valoare acceptabilă, 0,016.

Masa de sticlă care îndeplinește toate condițiile impuse de norme, R_1, are caracteristici electrice bune. Se observă că prezența alcaliilor într-un mic procentaj, 1,5%, și introducerea oxidului de magneziu, MgO, îmbunătățesc caracteristicile electrice care au următoarele valori: rigiditatea dielectrică, 412 kV/cm, tg δ 0,0035, rezistivitatea internă și rezistența superficială mai mari de $10^{14} \Omega$ cm, valori superioare porțelanului. Pentru această sticlă s-au mai făcut o serie de determinări necerute de norme, dar care pot da indicații în ceea ce privește comportarea ei în exploatare. Astfel, pentru a studia în ce măsură influențează procesul de călire asupra unor proprietăți dielectrice, s-au ridicat curbele de variație a tg δ, a capacității și constantei dielectrice, în funcție de temperatură. Întrucît călirea unor epruvete de grosimi mici a prezentat dificultăți, probele s-au făcut pe elemente de lanț nearmate, din sticlă călită și necălită. Izolatorul metalizat (fig. 6) a fost introdus într-o etuvă al cărei reglaj de temperatură a permis obținerea unei temperaturi practic constante, variațiile pe fiecare treaptă nedepășind $\pm$ 2°C. Măsurătorile au fost făcute la o oră după ce temperatura din etuvă s-a stabilizat, pentru fiecare temperatură determinîndu-se cîteva valori ale tg δ. Măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice s-a făcut la 50 Hz, cu ajutorul unei

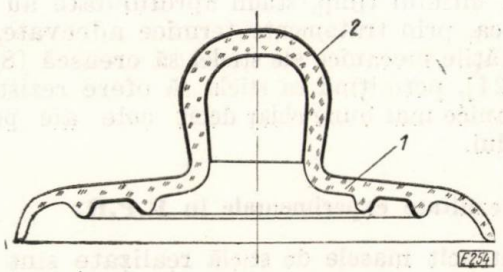


Fig. 6. Epruvetă metalizată.

punți Schering de înaltă tensiune; tensiunea de 1 kV cu care s-a lucrat în acest caz a fost introdusă în etuvă printr-o trecere izolată, fiind aplicată la cazul izolatorului, celălalt electrod obținut prin metalizare fiind legat la pămînt.

Rezultatele masurătorilor efectuate pînă la o temperatură de 160°C au arătat că în cadrul procesului de călire cresc pierderile, tg δ fiind mai mare la piesele călite decît la piesele similare recoapte, diferența dintre ele nedepășind nici pentru anumite temperaturi neuzuale 10%. Este de remarcat că la 160°C, valoarea tg δ pentru sticla călită (0,0193) este mai mică decît valoarea maximă admisibilă pentru porțelan la 20°C: 0,025. Curbele de variație a tg δ cu temperatura au fost trecute în figura 7.

În figura 8 este prezentată variația capacității și a constantei dielectrice ε cu temperatura, pentru epruvete din sticlă călită (A) și necălită (B). Curbele ridicate, arată o influență slabă a temperaturii asupra capacității, variația acesteia într-un interval de 160°C nedepășind 6,5%. Aceeași diagramă dă la o altă scară a ordonatei variația raportului $\frac{\varepsilon_\theta}{\varepsilon_{20}}$, în procente, pentru aceleași probe. Se observă și în acest caz o variație mică a constantei dielectrice cu temperatura.

Pentru cîteva din masele de sticlă, s-au determinat rezistența la șoc termic și rezistențele

la tracțiune și compresiune. Determinarea rezistenței la șoc termic s-a făcut prin încălzirea pieselor, timp de cinci minute, într-o baie de parafină topită, și apoi prin răcirea bruscă, în apă rece. Piesele utilizate au fost plăci circulare cu ∅ 100 mm și grosimea 6 mm. Rezistența la tracțiune a fost determinată cu balanța Mihaelis, încercările efectuîndu-se pe baghete de sticlă cu ∅ 6—8 mm și capetele îngroșate, pentru a putea fi montate în aparat. Rezultatele obținute la aceste încercări au fost trecute în tabela 3.

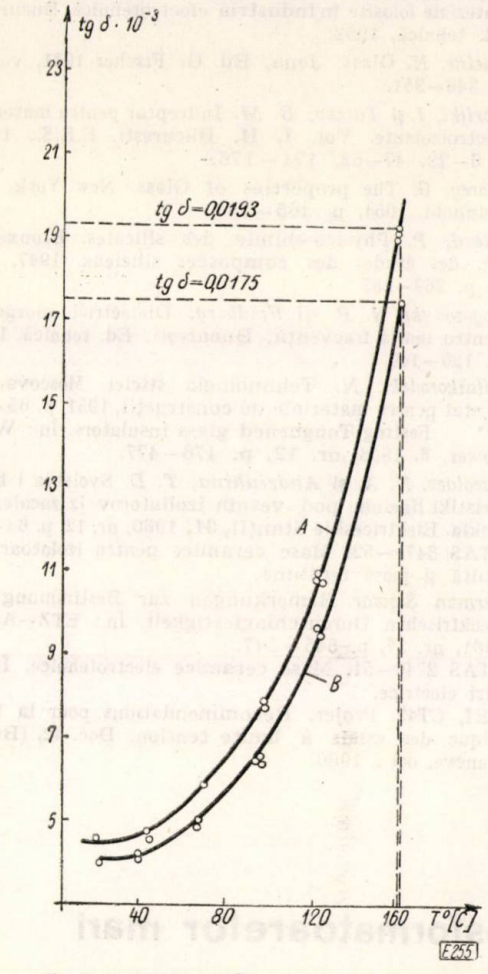


Fig. 7. Variația tg δ cu temperatura, pentru izolatoare din sticlă călită (A) și necălită (B), nearmate.

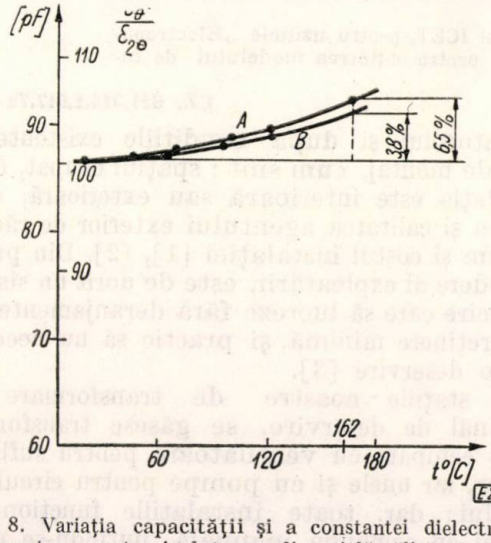


Fig. 8. Variația capacității și a constantei dielectrice cu temperatura, pentru izolatoare din sticlă călită (A) și necălită (B).

Tabela 3

Valori determinate pentru rezistența la șoc termic, la tracțiune și la compresiune

Masa de sticlă	Rezistența la șoc termic, °C		Coeficientul de dilatare termică α. 10^{-7}	Rezistența la tracțiune, kg/cm²		Rezistența la compresiune calculată, kgf/cm²
	recopt	tratat		calculată	determinată	
C	80	170	82—84	881	600	9 410
B_1	—	—	53	885	—	10 320
B_2	—	—	59—61	871	—	10 050
B_3	—	—	—	862	—	9 880
R_1	120	230	41—43	832	815	10 680

Se observă că valorile obținute pentru sticla rezistentă R_1 concordă cu cele calculate: în cazul sticlei calcosodice C, intervenția altor solicitări a dus la valori mai mici ale rezistenței la tracțiune determinate, față de cele calculate.

4. Concluzii

După ce masele de sticlă au fost eliminate mult timp din domeniul tensiunilor înalte, ele au căpătat astăzi o importanță deosebită, datorită marilor progrese obținute în ultimul timp în tehnologia sticlei. Aceste progrese au fost realizate în două direcții diferite: una, care duce în special la îmbunătățirea rigidității dielectrice prin înlocuirea alcaliilor, cealaltă, la îmbunătățirea proprietăților mecanice și termice prin călire. Mergînd pe aceste căi, s-au realizat în țara noastră două mase de sticlă (Ba_4 și R_1), care, din punct de vedere al proprietăților electrofizice, pot fi folosite în construcția izolatoarelor de înaltă tensiune. Dintre acestea, sticla R_1 corespunde din punct de vedere economic condițiilor din țara noastră, deoarece pentru producerea ei sînt necesare numai materiale care nu sînt deficitare (nisip, caolin, dolomit, steatit). Datorită temperaturii de topire ridicate a acestei sticle, trebuie acordată o atenție deosebită matrițelor, care se impune să fie confecționate din oțeluri refractare.

Folosind masa de sticlă R_1, INCERC și ICET au realizat elemente de izolatoare de lanț, care sînt în curs de cercetare, performanțele obținute urmînd a fi comunicate la definitivarea rezultatelor.

Bibliografie

[1] *Vinogradov, L.* Porțelanul electrotehnic. Traducere IDT din Przeglad Elektrotechn., 1955 nr. 10—11, p. 671—673.
[2] *Klay, H.* Porzellan als Werkstoff. Bull. ASE, **44**, 1953, nr. 16, p. 723—726.
[3] *Bogorodicki, A.* Căi noi de dezvoltare a materialelor ceramice cu rezistență mecanică ridicată. Traducere I.D.T. din Szklo i Ceram. (Pol). **X**, 1959, nr. 8, p. 241—243.
[4] *Gion, L.* Evolution de la technique desisolateurs en ceramique. Bull. SBE, **75**, 1959, nr. 1, p. 29—38.
[5] *Köhne, K. H.* Leistungssteigerung an Falzziegelpressen. În: Glass-Email-Keramo Technik, 1959, nr. 9, p. 344—345.
[6] *Koller, N. și Ernst, A.* Produits Derlikon en résine synthétique coulée. Bull. Oerlikon, 1952, nr. 294, p. 39—54.
[7] *Skowronski, I., Juchniewicz, J. și Widorski, T.* Gresia folosită ca material izolant în electrotehnică. Traducere I.D.T. din Przeglad Elektrotechn., 1955, nr. 10—11, p. 675—680.
[8] *Andriuhina, T. D., Diakivski, C. I. și Nicolaev, N. A.* Zakalka steklinîh izoliatorov. În: Steklo i Keramika, 1960, nr. 6, p. 25—29.
[9] *Kinmond, Downie.* Toughened glass insulators. În: Electrical Rev., **159**, 1956, nr. 3, p. 106—108.
[10] *Johnson, E. F.* Izolatoare din sticlă tratată termic. Metode moderne de fabricație și progrese. În: Caiet selectiv Electrificare-Electrotehnică, 1960, nr. 12, p. 51—53 din Electr. Rev. **166**, 1960, nr. 8, p. 325—327.
[11] *Tihodeev, N.* Elektriceskie harakteristiki dlinîh ghirliand izoliatorov. În: Elektricestvo, 1960, nr. 7, p. 56—61.
[12] *** Catalogue Sediver, 1960.
[13] *Reverey, H.* Die dielektrischen Eigenschaften von Hochspannungs Kappenisolatoren aus vergütteten glass. În: ETZ—A, **74**, 1953, nr. 7, p. 197—200.
[14] *Heinze H.* Der Glassisolator. În: Elektrizitatwirtschaft, **55**, 1956, nr. 4, p. 93—97.
[15] *Buneev, L., Kojokov, V. K.* Primenenie stekla dlia proizvodstva izoliatorov Moskva, Ed. B.T.I., 1958.
[16] *Bogoroditki, N. P., Pasankov, V. V. și Tareev, B. M.* Materiale folosite în industria electrotehnică, București, Ed. tehnică, 1952.
[17] *Theine, N.* Glass, Jena, Ed. G. Fischer 1931, vol. **I**, p. 346—351.
[18] *Koritki, I. și Tareev, B. M.* Îndreptar pentru materiale electroizolante. Vol. **I, II**, București, E.E.S., 1953, p. 6—23, 47—62, 121—176.
[19] *Morey, G.* The properties of Glass. New York, Ed. Reinhold, 1954, p. 465—541.
[20] *Gilard, P.* Physico-chimie des silicates. Brouxelles, Ed. des études des composées silicieux, 1947, vol. **II**, p. 269—283.
[21] *Bogoroditki, N. P. și Fridberg.* Dielectrici anorganici pentru înaltă frecvență, București, Ed. tehnică, 1955, p. 120—140.
[22] *Kitaikorodski, N.* Tehnnologia sticlei. Moscova, Ed. de stat pentru materiale de construcții, 1951, p. 65—75.
[23] *** Festing Toughened glass insulators. În: Water Power, **8**, 1956, nr. 12, p. 476—477.
[24] *Nicolaev, N. A. și Andriuhina, T. D.* Svoistva i harateristiki lineinîh pod vesnîh izoliatorov iz zacalenovo stekla. Elektriceskie Stanții, **31**, 1960, nr. 12, p. 64—70.
[25] STAS 3471—52. Mase ceramice pentru izolatoare de înaltă și joasă tensiune.
[26] *German Sigmar.* Bemerkungen zur Bestimmung des elecktrischen Durchschlagfestigkeit. În: ETZ—A, **82**, 1961, nr. 17, p. 545—547.
[27] STAS 2740—51. Mase ceramice electrotehnice. Încercări electrice.
[28] CEI, CT42. Projet. Recommendations pour la technique des essais à haute tension. Doc. **42**, (BC) 6, Genève, oct., 1960.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Comanda răcirii forțate a transformatoarelor mari

Năstase I. Bichir* — București

Se tratează instalațiile de comandă ale răcirii forțate, dîndu-se schemele de comandă, în funcție de temperatura uleiului, de curentul de sarcină, și totodată criteriile de grupare ale motoarelor pentru o protecție eficace.

Instalația de comandă realizată de autor în cadrul ICET, pentru uzinele „Electroputere" — Craiova, este analizată indicîndu-se posibilitățile pentru obținerea modelului de comandă dorit.

CZ. 621.314.2.017.72—523

1. Considerații generale

Pentru transformatoarele mari și foarte mari ce urmează a fi fabricate în țară, a fost necesară elaborarea unei instalații moderne de răcire prezentînd indici tehnico-economici ridicați și o reducere însemnată a consumului de materiale. Comanda automată a răcirii forțate, în funcție de temperatura uleiului și de curentul de sarcină a transformatorului, are avantaje evidente atît sub aspectul calitativ cît și sub cel economic.

La alegerea felului de răcire, proiectantul se orientează după puterea nominală a transformatorului și după condițiile existente la locul de montaj, cum sînt: spațiul ocupat, dacă instalația este interioară sau exterioară, cantitatea și calitatea agentului exterior de răcire, precum și costul instalației [1], [2]. Din punct de vedere al exploatării, este de dorit un sistem de răcire care să lucreze fără deranjamente, cu o întreținere minimă, și practic să nu necesite nici o deservire [3].

În stațiile noastre de transformare cu personal de deservire, se găsesc transformatoare echipate cu ventilatoare pentru suflarea cu aer, iar unele și cu pompe pentru circulația uleiului; dar, toate instalațiile funcționează numai cu comandă manuală, putîndu-se pune în funcțiune întreaga instalație sau o parte

* Ing. N. I. BICHIR este cercetător la ICET.

a ei. Cert este faptul că, de cele mai multe ori, instalația de răcire funcționează, din motive de siguranță, cu întreaga ei capacitate și în orele cînd transformatorul are o sarcină cu mult sub cea corespunzătoare autorăcirii, după cum, alteori, din lipsă de atenție a personalului de deservire, instalația nu este pusă în funcțiune atunci cînd trebuie. Or, îmbătrînirea izolației depinde de solicitările termice, îndeosebi de cele de mai lungă durată, și numai o comandă automată poate asigura o răcire forțată rațională.

În exploatarea cu sarcini alternante, temperatura uleiului nu constituie o măsură pentru temperatura maximă produsă în înfășurări. Într-un asemenea regim de funcționare este recomandabil să se supravegheze temperatura înfășurării cu ajutorul unui model termic.

Ca și în alte domenii unde se pretează comanda discontinuă [4], la răcirea forțată se va folosi sistemul „tot sau nimic" sau sistemul „în trepte", după mărimea transformatorului și după forma lui constructivă.

În cele de mai jos se tratează sistemele de comandă pentru răcirea forțată prin suflare de aer și circulație forțată de ulei, comentîndu-se schemele respective. Ca o particularizare a părții generale se descrie instalația realizată pentru uzinele „Electroputere"-Craiova și, în încheiere, se dau criteriile de grupare a motoarelor pentru o protecție eficace.

2. Sisteme de comandă ale răcirii forțate

2.1. *Comanda ventilatoarelor în funcție de temperatura uleiului.* Din motive economice, la transformatoarele mari intrarea în funcțiune a ventilatoarelor se face în mai multe trepte. În figura 1 este dată o schemă de comandă a ventilatoarelor, în funcție de temperatura uleiului, care este supravegheată prin termometre cu contacte. Cînd temperatura uleiului crește se închide mai întîi contactul *1T* al termometrului, fără să dea o comandă; dacă temperatura crește la treapta stabilită, imediat superioară, se închide contactul *2T* care comandă anclanșarea contactorului *1C* și se pun în funcțiune ventilatoarele din prima treaptă. O dată cu punerea lor în funcțiune, răcirea este forțată și temperatura uleiului are tendința de scădere. După cum se vede din schemă, este înlăturată posibilitatea conectării și deconectării motoarelor ventilatoarelor, la orice variație a temperaturii. (Pentru pornire trebuie ca temperatura să crească la valoarea care închide contactul *2T*, iar la oprire trebuie să scadă pînă se deschide contactul *1T*, cînd, o dată cu el, se întrerupe și circuitul bobinei contactorului.)

Repetîndu-se schema pentru o singură treaptă se poate realiza o schemă pentru comanda motoarelor ventilatoarelor într-un număr de trepte dorit. În cazul schemei din figura 1, avem o comandă în trei trepte. Atît temperaturile minime cît și cele maxime pentru comenzi se aleg în funcție de temperatura maximă admi-

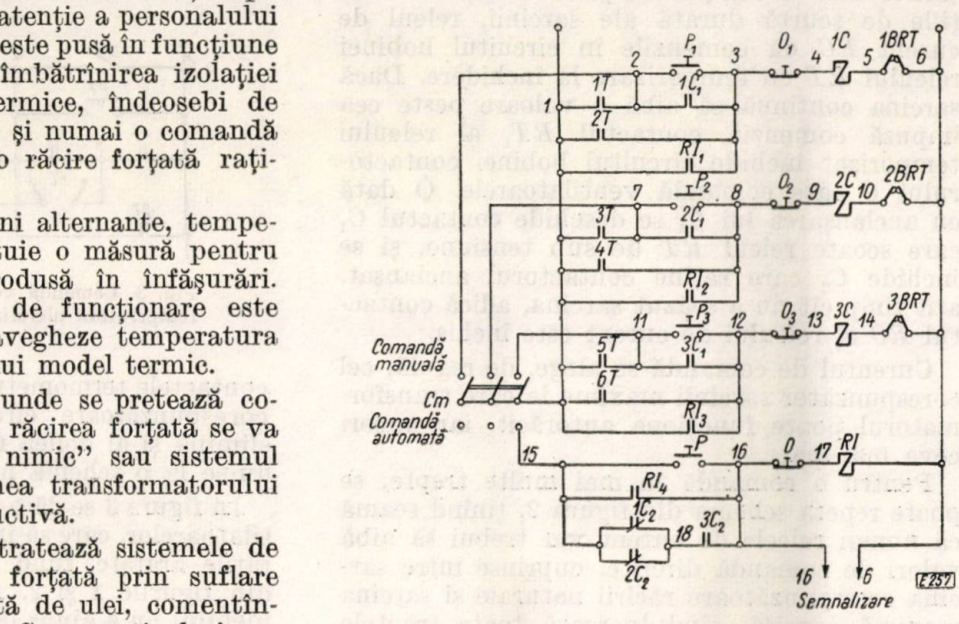


Fig. 1. Comanda ventilatoarelor în funcție de temperatura uleiului, în trepte independente.

sibilă a uleiului și de numărul treptelor de punere în funcțiune a ventilatoarelor, în așa fel încît să se evite încălzirile inadmisibile în condițiile normale de lucru. Schema este prevăzută și cu posibilitatea comenzii manuale, trecînd comutatorul C_m pe poziția respectivă.

Pentru cazurile de avarie, cînd se pot defecta diferite elemente ale schemei, mai ales contactele termometrelor, schema este prevăzută cu o parte specială. Astfel, dacă una sau mai multe trepte nu au intrat în funcțiune, iar temperatura a ajuns la limita să comande ultima treaptă de ventilatoare, intră în funcțiune sistemul de semnalizare și anclanșează releul intermediar *RI* care închide circuitul tuturor bobinelor contactoarelor, șuntînd contactele din circuitele lor. După cum se poate vedea în schemă, treptele la care a lucrat protecția, adică la care contactul *BRT* al blocului de relee termice s-a deschis, nu pot fi puse în funcțiune.

Schema generală descrisă poate sta la baza mai multor variante care se pot folosi în practica curentă.

2.2. *Comanda ventilatoarelor în funcție de sarcina transformatorului.* La unele transformatoare instalate și care nu au fost prevăzute pentru răcire forțată, dar la care se poate mări puterea, ținîndu-se seamă de regimul lor de lucru, se folosește comanda ventilatoarelor, în funcție de sarcină. Sarcina transformatorului este controlată cu ajutorul transformatoarelor

de curent, și ca aparate de comandă se folosesc releele de curent dimensionate corespunzător.

În figura 2 se dă o schemă de comandă în funcție de sarcină. Pentru înlăturarea anclanșărilor sau declanșărilor prea dese cu variațiile de scurtă durată ale sarcinii, releul de curent RC dă comenzile în circuitul bobinei releului RT cu temporizare la închidere. Dacă sarcina continuă să aibă o valoare peste cea impusă comenzii, contactul RT_1 al releului temporizat închide circuitul bobinei contactorului C care comandă ventilatoarele. O dată cu anclanșarea lui C, se deschide contactul C_1 care scoate releul RT de sub tensiune, și se închide C_2 care reține contactorul anclanșat, atît timp cît nu a scăzut sarcina, adică contactul RC al releului de curent este închis.

Curentul de comandă se alege, de regulă, cel corespunzător sarcinii maxime la care transformatorul poate funcționa autorăcit, iar uneori ceva mai mare.

Pentru o comandă în mai multe trepte, se poate repeta schema din figura 2, ținînd seamă că numai releele de curent vor trebui să aibă valori de comandă diferite, cuprinse între sarcina corespunzătoare răcirii naturale și sarcina maximă admisă, cînd lucrează toate treptele de ventilatoare.

În anotimpurile reci, la aceeași sarcină, comenzile sînt date într-un moment în care încălzirea uleiului transformatorului este sub limita admisă, și se impune o corecție corespunzătoare sistemului de comandă.

În cazul comenzii manuale se închide întreruptorul IP, și în circuitul bobinei contactului C nu mai rămîne decît contactul BRT al blocului de relee termice, care protejează motoarele ventilatoarelor.

2.3. *Comanda ventilatoarelor în funcție de temperatura uleiului și sarcina transformatorului.* Comanda în funcție de temperatura uleiului își are inconvenientul că acționează cu o întîrziere mare, iar comanda în funcție de curent se poate da chiar dacă uleiul este la început complet rece, ventilatoarele neavînd nici o eficacitate.

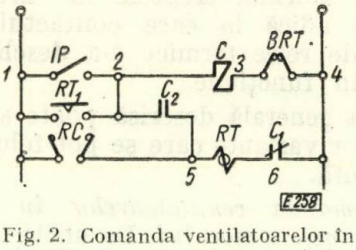


Fig. 2. Comanda ventilatoarelor în funcție de curentul de sarcină.

O schemă de comandă a ventilatoarelor, în funcție de temperatura uleiului și de sarcina transformatorului, se găsește și în literatura de specialitate [5], unde cei doi parametri acționează independent asupra contactorului, dînd în acest fel comenzile mult mai des; totodată, schema este, după părerea noastră, încărcată în mod inutil cu un releu intermediar și, dacă

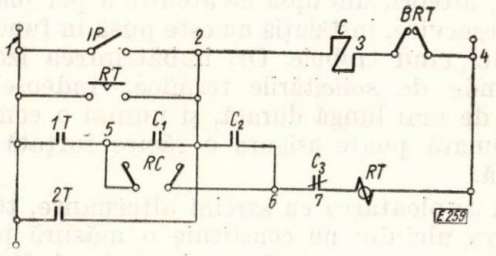


Fig. 3. Comanda ventilatoarelor în funcție de temperatura uleiului și de curentul de sarcină.

contactele termometrelor au o putere de rupere corespunzătoare circuitului contactorului, se elimină și al doilea releu intermediar, ajungîndu-se la o schemă mai simplă.

În figura 3 se dă o schemă de comandă a ventilatoarelor, care să înlăture o parte din dificultățile arătate, fiind o combinație a schemelor din figurile 1 și 2. Atît timp cît temperatura uleiului nu a ajuns la o valoare minimă impusă și, deci, contactul $1T$ al termometrului nu este închis, chiar dacă crește sarcina transformatorului la o valoare peste limita corespunzătoare răcirii naturale, nu se poate închide circuitul bobinei contactorului C, și ventilatoarele nu sînt puse în funcțiune. Cînd temperatura a depășit prima treaptă impusă și contactul $1T$ al termometrului este închis, deci funcționarea ventilatoarelor devine eficace, o creștere a sarcinii peste limita corespunzătoare răcirii naturale, sau o creștere a temperaturii suficientă să închidă contactul $2T$ al termometrului, duc la anclanșarea contactorului C.

Oprirea ventilatoarelor se face independent de sarcina transformatorului, cînd temperatura uleiului a ajuns la limita inferioară impusă, adică contactul $1T$ se deschide.

2.4. *Comanda răcirii forțate a transformatoarelor în funcție de temperatura uleiului și sarcina transformatorului.* Problema transportului pe cale ferată, a reducerii spațiului necesar montării, ca și cea a reducerii prețului de cost pe unitatea de putere a transformatorului, impun utilizarea unei răciri forțate cu suflare de aer și circulație de ulei [6], [7]. Sulfarea cu aer se face cu ajutorul unor ventilatoare montate pe transformator, corespunzător formei radiatoarelor, iar circulația uleiului se face cu ajutorul unor pompe speciale care au debitele și puterile corespunzătoare puterii transformatorului și formei lui constructive. În majoritatea cazurilor sînt utilizate pompe în execuție complet închisă [8], fără etanșări, evitîndu-se în acest fel pierderile de ulei, și în special apariția de aer la neetanșeități.

Circulația uleiului din interiorul transformatorului impune schimbări esențiale în construcția părții decuvabile, în așa fel încît uleiul să spele părțile producătoare de căldură (mie-

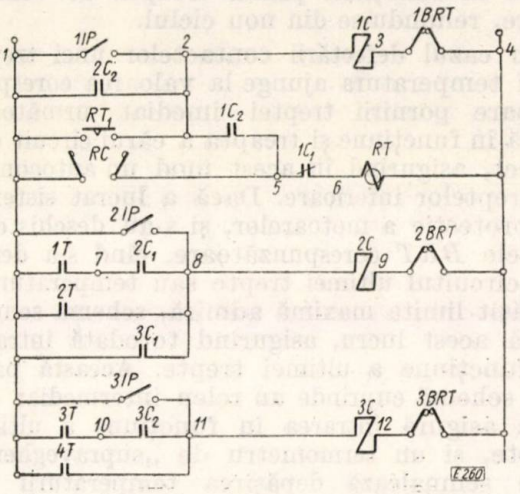


Fig. 4. Comanda pompelor și ventilatoarelor în funcție de temperatura uleiului și de curentul de sarcină.

zul și bobinele) și, apoi, să treacă în radiatoare [7], [9] și [10].

În figura 4 se propune o schemă de comandă combinată, care asigură o răcire în condiții optime. Contactorul *1C* cuplează la rețea motoarele pompelor de ulei, iar contactoarele *2C*, *3C*, treptele de ventilatoare.

După cum se poate vedea pe schemă, la o creștere a sarcinii transformatorului peste limita impusă, chiar dacă uleiul este rece, pentru evitarea încălzirilor locale, se pun în funcțiune pompele de ulei. Închizîndu-se contactul normal deschis *RC* al releului de curent, se închide circuitul releului temporizat, care, dacă persistă sarcina, acționează asupra contactului lui RT_1, și închide circuitul bobinei contactorului *1C*, cum am arătat și la explicarea figurilor 2 și 3. Comanda pompelor se mai poate face și în funcție de temperatură, o dată cu pornirea primei trepte de ventilatoare. În felul acesta crește eficacitatea ventilatoarelor, iar temperatura uleiului, este cît mai uniformă în cuvă, înlăturînd diferențele mari de temperatură între partea inferioară și cea superioară a înfășurării [7], [9].

Partea din schemă care se referă la punerea în funcțiune a treptelor de ventilatoare este similară cu schema din figura 1.

Treptele de temperatură pentru comanda ventilatoarelor, ca și valorile sarcinii (curentului) de comandă a pompelor de circulație a uleiului se stabilesc la calculul termic al transformatorului, apoi se corectează o dată cu probele de sarcină la platformele de încercări.

3. Criterii de grupare a motoarelor de acționare pentru o protecție eficace

La proiectarea transformatorului, funcție de sarcinile termice și de forma constructivă, se determină debitul de ulei și de aer necesare diferitelor încărcări. Cunoscîndu-se aceste debite, se aleg : numărul de pompe, numărul de ventilatoare necesare unei trepte, precum și numărul de trepte [7], [9].

Acționarea pompelor și a ventilatoarelor se face cu motoare asincrone mono- sau trifazate, cu rotorul în scurtcircuit (constructiv, motoarele diferă esențial, de la caz la caz, atît pentru pompe cît și pentru ventilatoare).

Motoarele de acționare a pompelor au în general puteri peste 1 kW, și vor fi prevăzute cu protecție separată. Cît privește motoarele de acționare a ventilatoarelor, puterea acestora nu depășește 300 W, deoarece la comanda în trepte este avantajos să avem un număr mare de ventilatoare. Curenții motoarelor fiind mici, protecția individuală prin siguranțe fuzibile poate fi considerată ineficace. Totuși, ea este folosită în unele cazuri, mai mult pentru separarea circuitelor motoarelor. Pentru o protecție eficace și totodată economică, se propune o protecție generală prin siguranțe fuzibile, împotriva scurtcircuitelor nete, și o protecție pe grupe de motoare, împotriva suprasarcinilor,

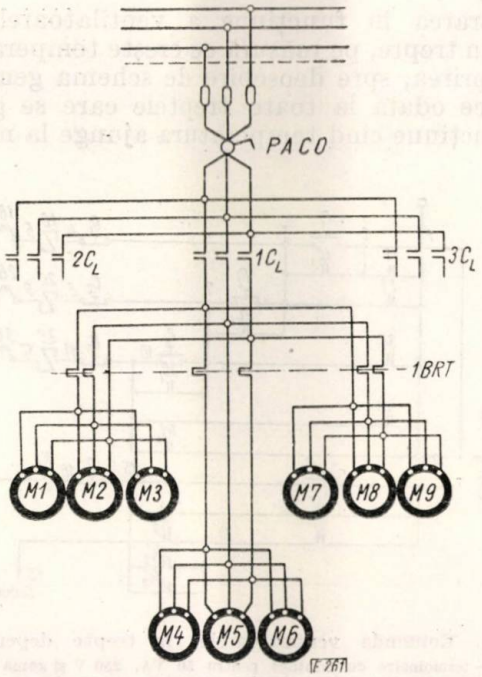


Fig. 5. Protecția pe grupe de motoare pentru schema cu trei trepte și 27 motoare.

cu ajutorul blocurilor de relee termice (cu bimetale). Numărul motoarelor dintr-o grupă se alege în așa fel încît suma curenților nominali să fie mai mică decît valoarea curentului

de scurtcircuit al unui motor. Altfel, protecția devine ineficace, chiar dacă unul dintre motoare are incidental rotorul calat, lucru destul de des întîlnit în stațiile de transformare.

În figura 5 se dă schema instalației realizate, cu modul de grupare pentru protecția motoarelor ventilatoarelor. Motoarele comandate în trei trepte sînt protejate în grupe de cîte trei motoare, cu ajutorul blocurilor de relee termice. Fiind prevăzută cu cleme de ieșire pentru fiecare grupă, instalația poate fi folosită pentru un număr de trei, șase sau nouă motoare pe treaptă, după nevoie.

Protecția pe două faze considerîndu-se suficientă, s-a folosit pentru fiecare treaptă cîte un bloc de relee termice cu cîte șase bimetale. Funcționarea unui element bimetalic din cadrul unei trepte scoate întreaga treaptă din funcțiune.

4. Schema de comandă a ventilatoarelor realizată

4.1. *Schema de principiu.* În cazul unui domeniu restrîns al temperaturilor de reglaj și al unui număr mic de trepte de punere în funcțiune a ventilatoarelor, este avantajoasă schema din figura 6. Schema este dedusă din cea generală (fig. 1), folosind contactul unui termometru la comanda unei trepte și, în același timp, la pregătirea treptei următoare.

Intrarea în funcțiune a ventilatoarelor se face în trepte, pe măsură ce crește temperatura, iar oprirea, spre deosebire de schema generală, se face odată la toate treptele care se găsesc în funcțiune cînd temperatura ajunge la nivelul

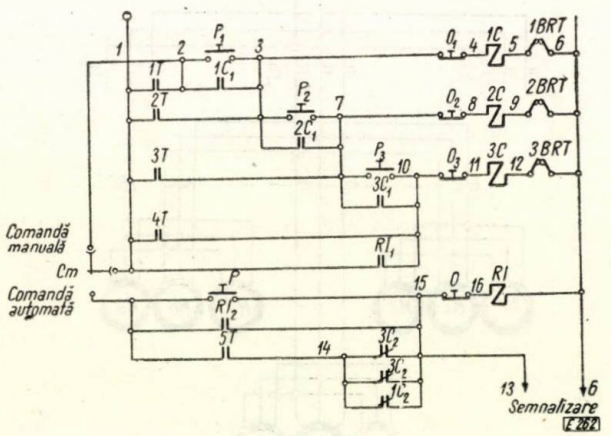


Fig. 6. Comanda ventilatoarelor în trepte dependente: *1T – 5T* – termometre cu contact pentru 50 VA, 250 V și gama de reglaj al temperaturilor 25 ÷ 90°C [11]; *1C ÷ 3C* – contactor tripolar 10 A, 380 V, cu bobina pentru 220 V, 50 Hz; *1BRT – 3BRT* – bloc relee termice pentru 1,5 A, cu 6 bimetale; *RI* – releu intermediar; *P, O* – butoane duble de comandă.

minim impus comenzii primei trepte. Astfel, dacă transformatorul a lucrat la plină sarcină, apoi sarcina a scăzut la o valoare intermediară dar mai mare decît cea corespunzătoare autorăcirii, lucrînd toate ventilatoarele, se forțează răcirea, și temperatura poate scădea atît încît să oprească instalația; o dată cu oprirea tuturor ventilatoarelor, transformatorul fiind încărcat, temperatura uleiului va crește și va pune în funcțiune prima treaptă de ventilatoare, reluîndu-se din nou ciclul.

În cazul defectării contactelor unei trepte, cînd temperatura ajunge la valoarea corespunzătoare pornirii treptei imediat următoare, intră în funcțiune și treapta a cărui circuit este defect, asigurînd în acest mod un autocontrol al treptelor inferioare. Dacă a lucrat sistemul de protecție a motoarelor, și s-au deschis contactele *BRT* corespunzătoare, cînd s-a defectat circuitul ultimei trepte sau temperatura a depășit limita maximă admisă, schema semnalează acest lucru, asigurînd totodată intrarea în funcțiune a ultimei trepte. Această parte din schemă cuprinde un releu intermediar *RI*, care asigură intrarea în funcțiune a ultimei trepte, și un termometru de „supraveghere", care semnalează depășirea temperaturii impuse.

4.2. *Instalația realizată.* În figura 7 este dată vederea de ansamblu a dulapului deschis, care cuprinde instalația de comandă și protecție a motoarelor ventilatoarelor.

Instalația este alimentată de la rețeaua de 380 V, iar schema de comandă cu 220 V, pentru a nu prezenta dificultăți în cazul cînd există numai rețea de 220 V.

Instalația comandă motoare asincrone trifazate cu rotorul în scurtcircuit, 180 W, 380 V, 1 460 rot/min. (Motorul este de construcție închisă, iar cablul de alimentare este scos prin scutul-suport cu ajutorul unei bucșe etanșe; prinderea se face de ventilator, prin intermediul scutului-flanșă. Ansamblul motor-ventilator se prinde la locul de montaj, prin intermediul unor amortizoare de cauciuc.) În figura 8 se vede o parte din ventilatoarele montate provizoriu pe un transformator asupra căruia se fac probe de încălzire.

Elementele schemei sînt produse indigene, afară de termometrele cu contacte, care sînt prevăzute a se importa [11] pînă la fabricarea lor în țară. Dulapul cu aparate este prevăzut a se instala pe transformator, într-un loc ușor accesibil, cu spațiu liber suficient pentru deschiderea ușii. Racordul cablurilor de comandă, semnalizare și forță se face prin 13 bucșe speciale, prevăzute la partea inferioară a dulapului. Aparatele din dulap sînt montate pe un schelet metalic rabatabil, pentru a permite accesul prin spate la conexiuni, în caz de nevoie putîndu-se scoate complet. Clemele de șir deși sînt așezate tot pe scheletul metalic, într-o parte 27 pentru alimentarea celor nouă grupe de motoare, iar în cealaltă parte cele pentru interconexiuni, comenzi și semnalizări (nodurile din fig. 6, notate de la *1* la *16*), corespund cu

clemele de șir ale instalației. Cablul de alimentare a întregii instalații este legat direct la si-

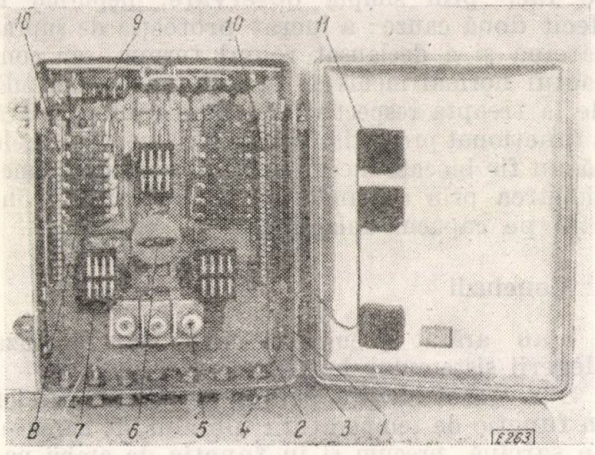


Fig. 7. Vederea de ansamblu a dulapului cu instalația pentru comanda răcirii forțate :

1 – șasiu (schelet metalic) ; *2* – ax rabatere șasiu ; *3* – limitator unghi abatere ; *4* – bucșă de etanșare ; *5* – siguranțe fuzibile ; *6* – întreruptor-pachet ; *7* – contactor ; *8* – bloc relee termice ; *9* – releu intermediar ; *10* – cleme de șir ; *11* – butoane comandă.

guranțe, conform schemei din figura 5. Pe capacul dulapului, în interior, sînt montate

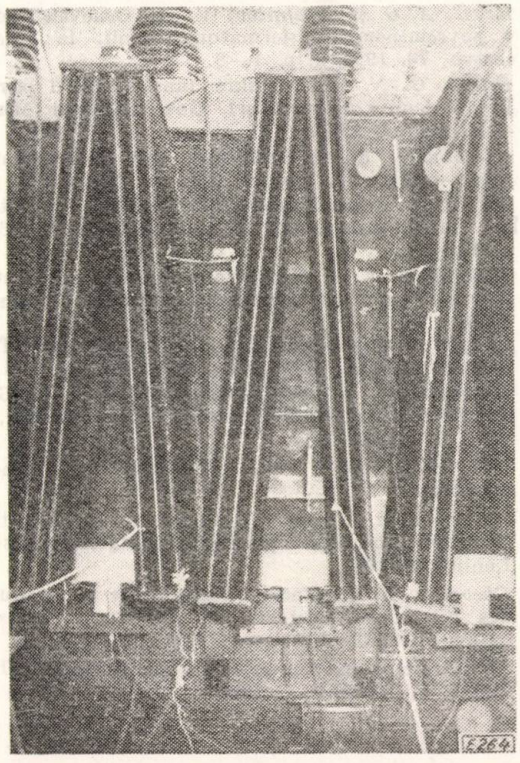


Fig. 8. Aspect din timpul efectuării probelor pentru stabilirea numărului de ventilatoare.

butoane pentru comanda manuală, la fața locului, cînd se fac verificări.

Instalația realizată poate fi adaptată, numai prin simpla schimbare a unor legături de cleme, într-o instalație cu modul de comandă dorit, cum se va arăta mai jos.

5. Posibilități de transformare a schemei de bază a instalației

5.1. *Comanda manuală.* Sînt cazuri, cum ar fi amenajarea unor transformatoare la care vrem să mărim puterea prin forțarea răcirii, cînd nu se poate aplica instalația cu comandă automată, și se preferă chiar o comandă ma-

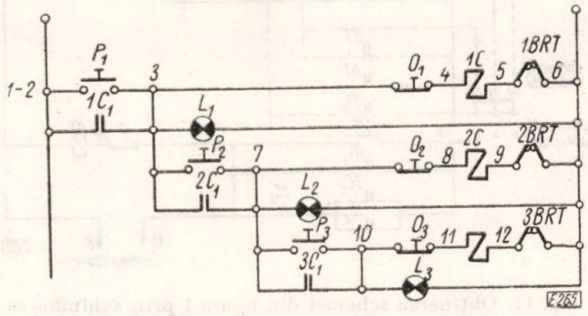


Fig. 9. Comanda manuală în trepte dependente.

nuală (prin butoane) de la distanță, de către o persoană car esupraveghează temperatura uleiului sau sarcina transformatorului. În acest caz e suficient să trecem comutatorul C_m pe poziția de comandă manuală, ceea ce coresp

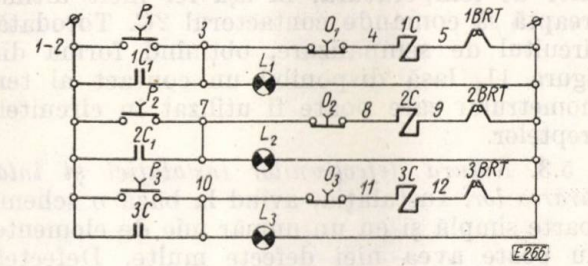


Fig. 10. Comanda manuală în trepte independente.

punde cu scurtcircuitarea clemelor *1* și *2*, și se obține schema din figura 9, completată cu lămpi de semnalizare. Această schemă are o ordine precisă de punere în funcțiune a treptelor care pot avea numărul de ventilatoare diferit.

Dacă se preferă o pornire complet separată a treptelor, se desfac de la clemele *3* și *7* legăturile butoanelor de pornire P_2 și P_3 și ale contactelor respective de reținere și se leagă la clemele *1* și *2*. În acest mod se obține schema din figura 10. Din punctul de vedere al elementelor schemei, nu avem nici o deosebire între cele două variante cu comandă manuală.

5.2. *Comanda automată în trepte independente.* Pentru transformarea instalației care să aibă la bază schema din figura 1, în locul celei din figura 6, se desfac legăturile de la clemele *3*, *7* și *14*, conform figurii 11, și se fac legăturile

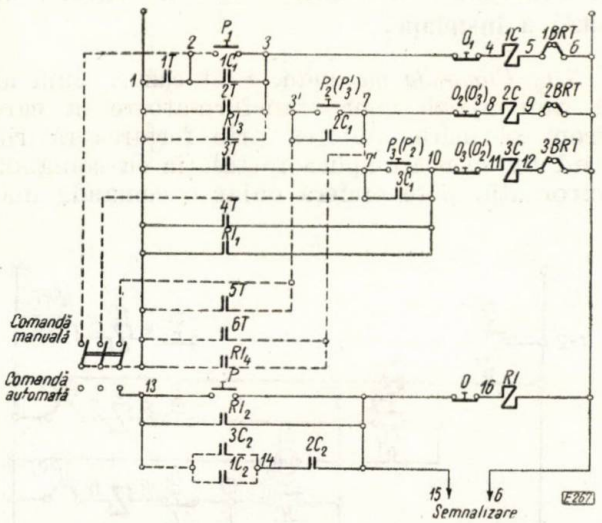


Fig. 11. Obținerea schemei din figura 1 prin schimbarea de legături la clemele instalației.

indicate cu linie întreruptă. (Desfăcînd legăturile numai de la clemele *3* și *7*, ne rămîne o schemă cu două trepte independente, care se poate face cu cele patru contacte ale termometrelor.)

O dată cu schimbarea conexiunilor indicate în schemă, se impune o nouă repartiție a treptelor de temperatură, în așa fel încît ultima treaptă să comande contactorul *2C*. Totodată, circuitul de semnalizare, obținînd forma din figura 11, lasă disponibil un contact al termometrului care poate fi utilizat în circuitele treptelor.

5.3. *Natura defecțiunilor instalației și înlăturarea lor.* Instalația, avînd la bază o schemă foarte simplă și cu un număr mic de elemente, nu poate avea nici defecte multe. Defectele cele mai multe pot fi la contactele termometrelor care, cu timpul, se uzează. Dar, în cazul schemei de principiu a instalației realizate, această defecțiune nu prezintă dificultăți, putîndu-se face autocontrolul treptelor inferioare. Termometrele prevăzute de noi au contactele cu puterea nominală de 50 VA, iar cea de anclanșare, respectiv de rupere, este asigurată precis [11].

În cazul nefuncționării unei trepte, înlăturarea defectului se face mergînd la fața locului, la dulapul cu aparate, unde detectarea se face prin simpla observare, neputînd fi decît două cauze : a lucrat protecția de suprasarcină și a declanșat releul termic, sau contactul normal închis al butonului de comandă de la treapta respectivă nu face contact. Dacă a funcționat protecția, controlăm ventilatoarele să nu fie blocate mecanic, apoi verificăm funcționarea prin comanda de la butoanele montate pe capacul dulapului.

6. Concluzii

S-au arătat premisele care stau la baza alegerii sistemului de răcire.

S-a tratat despre comanda ventilatoarelor în funcție de temperatura uleiului, de curentul de sarcină, precum și în funcție de ambii parametri, dîndu-se schemele respective. De asemenea, s-a tratat comanda răcirii forțate cu suflare de aer și circulație de ulei.

Indicarea criteriilor de grupare a motoarelor de acționare pentru o protecție eficace, ca și descrierea instalației realizate, întregesc lucrarea.

Bibliografie

[1] *Kraiz, A. G.* și *Sapojnicov, V. A.* Osnovnîe tendenții v sovremenom transformatorostroenii. În : Elektricestvo, **78**, 1958, 2, p. 1—8.

[2] *Petrov, G. N.* Elektriceskie mașini, ciasti piervaia. În : Vedenie transformatorî, Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1956.

[3] *Niederhofer, K — H.* Kühlung von Transformatoren AEG — Mitt., **47**, 1957, 11/12, p. 401—411.

[4] *Nicolau, C.* Reglarea cuptoarelor electrice cu rezistență. În : Buletin documentar ICEM-IPROMET, **1**, 1961, 2, p. 14—22.

[5] *Sapojnicov, V. A.* Konstruirovanie transformatorov (izdanie vtoroe), Gosenergoizdat, Moscova — Leningrad, 1959.

[6] *Langer, H.* Vergleich der inn-und ausländischen Transformatorplanung, ETZ — A, **81**, 1961, 3, p. 81—90.

[7] *Blankenburg, W.* Erwärmungsprobleme bei Grosstransformatoren. În : Deutsch. Elektrotechnik, **11**, 1957, 5, p. 204—211.

[8] *** Motopompe à huile „Oerlikon" type monobloc (catalog).

[9] *Bernștein, Ia. I.* Nagrev i ohlajdenie transformatorov. Transformatorî, vîpusk piatîi, Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1960,

[10] *Chevalier, H.* Orientation nouvelle de la construction des gros transformateurs de puissance. Extras din „Revue ACEC — Charleroi", 1948, nr. 1, p. 40.

[11] *** Kessel — und Anlege — Temperaturregler BIRKA, Regulator G.M.B.H. (catalog).

ŞTIRI CEI

Cea de-a XXVII-a Reuniune Generală a CEI

Bucureşti, 24 iunie — 7 iulie, 1962

CZ. 061,3 :621.3 :CEI(498) „1962".

Comitetul Electrotehnic Romîn (CER) comunică lista provizorie a comitetelor tehnice (CT) ale CEI, care, după datele ce stau în prezent la dispoziţie, vor ţine şedinţe în cadrul reuniunii generale de la Bucureşti. Întreprinderile cointeresate, inginerii şi tehnicienii, pot consulta materialul care se va discuta în aceste şedinţe, la sediul CER, OSS, str. Constantin Mille nr. 6, etaj I.

Nr. crt.	Comitete tehnice	Semn CT	Nr. crt.	Comitete tehnice	Semn CT
1	Nomenclatura	1	20	Coordonarea izolaţiei	28
2	Maşini rotative	2	21	Tensiuni foarte înalte	30
3	Dimensiunile periilor de cărbuni	2F	22	Material electric pentru atmosfere explozive	31
4	Pierderi şi randamente	2G	23	Material cu izolanţi pulverulenţi	31B
5	Tensiuni şi curenţi normali; frecvenţe normale	8	24	Materiale electrice cufundate în ulei	31E
6	Materiale izolante	15	25	Condensatoare de putere	33
7	Aparataj de întrerupere	17	26	Pile	35
8	Aparataj de înaltă tensiune	17A	27	Izolatoare	36
9	Aparataj de joasă tensiune	17B	28	Descărcătoare	37
10	Cabluri electrice	20	29	Releuri de protecţie	41
11	Cabluri izolate cu hîrtie	20A	30	Tehnica încercărilor la înaltă tensiune	42
12	Cabluri de joasă tensiune izolate cu cauciuc	20B	31	Cabluri, fire şi ghiduri de undă pentru echipament de telecomunicaţie	46
13	Convertizoare statice de putere	22	32	Cabluri pentru frecvenţe radioelectrice şi dispozitive accesorii	46A
14	Grupul de lucru al CT 22	22(GT)	33	Cabluri şi fire pentru joasă tensiune	46C
15	Convertizoare cu vapori de mercur	22A	34	Frigidere pentru uz casnic	54 exp.
16	Convertizoare cu semiconductoare	22B	35	Sîrmă de bobinaj	55
17	Ignitroni şi excitroni	22C	36	Grupul consultativ pentru probleme de securitate	APSM
18	Mărimi şi unităţi electrice şi magnetice	24	37	Comitet de acţiune	C.A.
19	Simboluri literale şi semne convenţionale	25	38	Consiliu	

CZ 621.316.57.027.618

RECENZII

TECHNIK DER WECHSELSTROM — HOCHSPANNUNGS-SCHALTER

Tehnica întreruptoarelor de curent alternativ de înaltă tensiune, de Schulze H.

VEB Verlag Technik Berlin RDG, 1961, p. 259, 199 fig. 1075 ref. bibl. format 17×24 cm.

Într-un domeniu de mare importanţă şi de mare actualitate, în care tehnica modernă este în plină evoluţie, prof. dr. ing. H. Schulze de la Politehnica din Dresda aduce o contribuţie remarcabilă şi binevenită prin lucrarea: „Tehnica întreruptoarelor de înaltă tensiune". Cu toate că această problemă a fost tratată după anul 1955 în două cărţi sovietice (una de Gurvici şi Kaplan, citată, şi una de Ţeirov, necitată), evoluţia pe plan mondial a început să scape atenţiei specialiştilor, din cauza surselor prea numeroase, greu de obţinut şi de sistematizat.

Împărţirea materialului este — prin natura obiectului — pronunţat asimetrică, partea majoră (180 pagini) revenind problemelor referitoare la întreruptoarele de putere, pe cînd întreruptoarele de sarcină, seperatoarele şi dispozitivele de acţionare ocupă împreună un spaţiu mult mai restrîns (25 pagini).

Din cele 15 capitole privind întreruptoarele de putere, primul aminteşte doar problemele, al doilea se ocupă mai insistent cu proprietăţile arcului electric şi cu fenomenele proceselor de întrerupere. Din teoriile mai noi privind comportarea dinamică a arcului electric se dă pe scurt numai ipoteza lui O. Mayr, cu toate că cea a lui Cassie şi prezentarea lui Brown jr. reprezintă progrese realizate pe baza altor ipoteze, concordanţa cu faptele experimentale fiind de fiecare dată parţială. Astfel, imaginea ce i se dă cititorului nu este completă, iar cercetătorul rămîne să se documenteze din referinţele bibliografice, într-adevăr excepţional de ample.

Mai pe larg se tratează fenomenul de stingere a arcului, şi în capitolul trei — tensiunea de restabilire. Aici apar figurile 9 şi 10 elaborate de autor cu interpretarea particulară a curbei rigidităţii dielectrice a spaţiului de arc, ca oglindire a curbei tensiunii arcului înainte de stingere, împreună cu curbele datorită lui Slepian şi Cassie, bazate pe alte ipoteze. La caracterizarea tensiunii de restabilire se aminteşte, pe lîngă metoda CEI, şi cea a celor patru parametri elaborată de Hochrainer, în prezent în discuţia forului internaţional. Influenţele capacităţii reţelei de alimentare şi ale rezistenţei de amortizare sînt arătate în diagramă fără demonstraţii, cu excepţia defectului kilometric, pentru care se dau formule simplificate, dar care scot în evidenţă re aţiile.

Capitolul patru expune norma VDE 0670 cu definiţiile referitoare la întrerupere şi întreruptoare, pe cînd capitolul cinci revine la tratarea fenomenelor, de data aceasta a frecvenţei proprii a reţelei şi a incidenţei sale asupra puterii de rupere a întreruptoarelor. Se dau aici rezultatele măsurătorilor efectuate în U.R.S.S. şi în Franţa, unele formule em-

pirice de calcul şi metodele de măsură a frecvenţelor. Între acestea apare şi cea elaborată în institutul condus de către autor, cu înregistrarea spectrului de frecvenţe (spectrogramă), şi care — după autor — este depăşită de metoda lui W. Hötscher, dezvoltată tot în acel institut şi bazată pe injectarea de audiofrecvenţe variabile în reţea sub tensiune şi înregistrarea oscilografică a răspunsului reţelei.

Zona periculoasă a defectului kilometric este supusă în capitolul 6 unei analize mai detaliate prin aplicarea „factorului de gravitate" (adimensional) a lui M. Ponard, rezultînd relaţii simple pentru caracterizarea particularităţii, recent descoperite, a întreruptoarelor de putere (cu aer comprimat) de a fi mai sensibile faţă de un scurtcircuit la o distanţă de cîţiva kilometri pe linie decît faţă de unul la borne. Un exemplu de calcul uşurează urmărirea.

În capitolele 7 şi 8, oarecum nesistematice, se prezintă principiile întreruperii multiple a comenzii sincronizate a stingerii, după sistemul Deion, şi ale alegerii întreruptorului adecvat în funcţie de parametrii reţelei. Autorul propune ca această alegere să se facă ţinînd seamă de frecvenţa proprie a reţelei, în afară de puterea de scurtcircuit în locul respectiv, şi cere ca pe plăcuţa întreruptorului să fie trecută şi frecvenţa proprie la care se garantează puterea de rupere.

În capitolul 9 se enumeră şi se discută încă o serie întreagă de condiţii ce se impun întreruptoarelor, ca: o largă plajă de curenţi întrerupţi cu siguranţă, stabilitate termică şi dinamică suficientă, la fel faţă de defecte multiple, închidere în opoziţie de fază, evitarea pompării, timpi de declanşare de ordinul a 2—3 perioade etc. Tot aici se discută şi principiul con trucţiei din elemente tipizate, dîndu-se ca exemplu seria unitară elaborată recent în R.D.G. şi compararea ei cu alte execuţii.

Abia în capitolul 10 se trece la principiile constructive de stingere a arcului şi la diferitele tipuri constructive de întreruptoare, şi anume: în aer (cu coarne), cu suflaj magnetic (cu grătar Deion, sistem Solenar etc.), în ulei mult, fără şi cu camere de stingere speciale, cu ulei puţin în diferite variante: cu impuls, cu autosuflare transversală, cu piston diferenţial cu tije-ţeavă şi în diferite alte execuţii.

Expunerea este ilustrată cu desene în secţiune şi cu multe fotografii, cunoscute specialiştilor din cărţi şi prospecte, dar totuşi extrem de utile inginerilor mai puţin deprinşi cu ultimele soluţii tehnice. Între altele se arată întreruptoarele cu ulei puţin de 380 kV şi 12 000 MVA suspendate (Delle), sau cele cu patru camere în serie (Skoda). Aici se adaugă întreruptoarele cu expansiune, al căror principiu constructiv se descrie amănunţit. Trecînd la întreruptoarele cu aer comprimat se prezintă — după discuţia generală a principiilor constructive — execuţia AEG cu ajutajul liber (la foarte înalte tensiuni) şi cea turnată în răşini epoxi (la tensiuni medii), execuţia TRO „Karl Liebknecht" din Berlin (R.D.G.), execuţia BBC, VτH şi — în fine — execuţia Delle ilustrată cu întreruptorul de 525 kV şi 29 000 MVA livrat Uniunii Sovietice. În continuare se arată seria de întreruptoare pînă la 500 kV şi 20 000 MVA a fabricii Ural-Elektroaparat din U.R.S.S. şi pînă la 380 kV şi 15 000 MVA a fabricii Skoda din Pilsen. Enumerarea se încheie cu întreruptoarele cu aer comprimat în cuve şi cu instalaţiile de producerea şi conservarea aerului comprimat în staţii. Nu aceeaşi atenţie se dă sistemului de acţionare cu ulei sub presiune, care se aminteşte în treacăt la întreruptoarele Delle, unde se întrebuinţează curent.

Interesantă este comparaţia punctelor de vedere pentru alegerea între întreruptoare cu aer comprimat şi cu ulei puţin. Motivarea este justă, se referă la criterii tehnice şi economice, dar s-ar putea completa cu numeroase consideraţii noi.

Capitolele 11 şi 12 încearcă să schiţeze noile perspective în construcţia întreruptoarelor de putere, prezentînd întreruptorul cu vid şi cel cu hexafluorură de sulf — gazul electronegativ care se pare că va revoluţiona construcţia aparatajului electric de înaltă tensiune.

Abia capitolul 13 aduce în discuţie problema supratensiunilor de comutare, care apare la întreruperea liniilor lungi a transformatoarelor în gol şi a bateriilor de condensatoare.

După un scurt capitol privind problemele de material, în ultimul capitol al acestei părţi se discută metodele de încercare a întreruptoarelor de înaltă tensiune în laboratoare şi reţea, şi anume metodele directe, indirecte şi sintetice Se discută şi se compară schemele şi se dau sfaturi practice pentru utilizarea lor.

Partea despre întreruptoare de sarcină, seperatoare şi dispozitive de acţionare este evident mai restrînsă; ea prezintă totuşi principalele construcţii mai recente, cu camere de stingere pneumatică sau cu materii solide autogeneratoare de gaze.

Numeroase ilustraţii bine prezentate uşurează înţelegerea rapidă a principiilor şi variantelor constructive.

Nu avem suficiente cuvinte de laudă pentru lista de referinţe bibliografice bine sistematizată, care conţine peste 1 000 de poziţii, o adevărată comoară pentru cei care doresc să adîncească domeniul.

În concluzie, cu toate observaţiile făcute, trebuie să apreciem pozitiv cartea pentru vederea generală asupra tuturor problemelor ce intervin şi să o recomandăm călduros nu numai studenţilor, cărora le-a fost destinată de către forul oficial din R.D.G., ci şi inginerilor din fabricile constructoare şi din exploatări, din institutele de cercetări şi din învăţămîntul superior.

Dr. ing. **A. Avramescu**

RUDOLF RICHTER. **Maşini electrice.** Vol. I—V (Editura Tehnică, Bucureşti, 1958—1960).

În ţara noastră, construcţia de maşini electrice cunoaşte un ritm de dezvoltare rapid. Prevederile planului de şase ani, stabilite prin Directivele Congresului al III-lea al P.M.R., pun un accent deosebit pe creşterea producţiei de maşini electrice (de 2,4 ori în 1965 faţă de 1959).

Această creştere cantitativă va fi însoţită şi de un important salt calitativ prin fabricarea de maşini electrice moderne, cu indici tehnico-economici la nivelul tehnicii celei mai înaintate.

Realizarea acestor sarcini este de neconceput fără cunoaşterea bazelor ştiinţifice ale construcţiei de maşini electrice.

Din acest punct de vedere, lucrarea prof. dr. ing. Rudolf Richter rezolvă o necesitate legată de documentarea şi pregătirea teoretică a cadrelor de ingineri şi tehnicieni care lucrează în industria constructoare de maşini şi aduce o contribuţie importantă în clarificarea ştiinţifică a multor probleme teoretice şi practice ce aveau o rezolvare mai mult sau mai puţin empirică.

Lucrarea completă cuprinde 5 volume fiind apreciată de către specialişti ca unul din tratatele cele mai complete în domeniul maşinilor electrice.

Elaborarea acestei opere a durat cîţiva ani şi prima ediţie a apărut în anul 1924. De la apariţia acestei prime ediţii, dezvoltarea tehnicii a cunoscut un permanent avînt.

Strîns legată de dezvoltarea industrială a elementelor esenţiale ale electrotehnicii moderne, s-a dezvoltat şi îmbogăţit şi teoria legată de proprietăţile maşinilor electrice.

Împreună cu tratatul de maşini electrice al academicianului I. S. Gheorghiu, lucrarea prof. dr. ing. Rudolf Richter completează un gol ce exista în literatura de specialitate, fiind absolut necesară, mai ales după crearea industriei de maşini electrice în ţara noastră de către regimul de democraţie populară.

Faţă de vechea ediţie, cea actuală se prezintă oarecum restructurată. Pe baza experienţei acumulate între timp, în ediţia a doua s-au eliminat unele subiecte tratate în vechea lucrare şi pe care practica le-a scos din uz şi în schimb s-au introdus o serie de probleme, conform cerinţelor tehnicii noi.

Noua ediţie a lucrării, dedicată construcţiilor de maşini electrice, oferă posibilitatea cunoaşterii diferitelor variante ale construcţiilor de bază, ajutîndu-i în prelucrarea critică a modului propriu de a pune şi rezolva problemele care se ivesc în practica zilnică de producţie. Elaborarea acestei lucrări a apărut ca o necesitate a dezvoltării rapide a construcţiilor de maşini electrice şi a apariţiei de noi tipuri constructive de maşini electrice.

Cele cinci volume, care constituie într-adevăr o lucrare completă, tratează următoarele probleme:

Volumul I: noţiuni de bază şi legi, introducerea în construcţia maşinilor electrice şi maşina de curent continuu.

Volumul II: noţiuni de bază pentru descrierea fenomenelor de curenţi alternativi din maşini, maşina sincronă şi maşina comutatoare.

Volumul III: transformatoare.

Volumul IV: maşini asincrone.

Volumul V: maşini monofazate şi polifazate cu colector, grupuri cu maşini de reglaj pentru îmbunătăţirea factorului de putere, reglajul vitezei, reglajul puterii la motoarele asincrone, grupuri speciale de maşini utilizate în acţionările electrice complexe, teoria şi particularităţile de construcţie, încercarea şi proiectarea şi o analiză critică comparativă a diferitelor tipuri de maşini care pot să funcţioneze în aceleaşi condiţii. De asemenea, se mai dau numeroase exemple de calcul şi exemple din proiectele maşinilor electrice de tracţiune.

Alcătuirea acestor cinci volume demonstrează că autorul nu şi-a propus rezolvarea oarecum utopică a unei iniţieri atît de vaste în domeniul maşinilor electrice, ci a împărţit problemele de specialitate din punct de vedere tematic astfel încît să corespundă practicii industriale şi ştiinţifice.

Volumul I cuprinde trei părţi:

— partea I — noţiuni de bază şi legi — cu 3 mari capitole;

— partea II-a — introducere în construcţia maşinilor electrice — cu 14 capitole;

— partea a III-a — maşina de curent continuu — cu 6 capitole.

Cele trei capitole ale părţii întîi tratează: noţiuni fizico-matematice; noţiuni şi legi magnetice şi electrice; producerea curentului şi a energiei.

Partea a doua cu cele 14 capitole cuprinde: construcţia maşinilor electrice; bobinajele indusurilor; tensiunea electromotoare indusă; curba tensiunii magnetice; cuplul şi efortul tangenţial mediu; proprietăţile magnetice ale fierului; caracteristica magnetică la mers în gol; calculul pierderilor în fierul maşinilor electrice; pierderile prin frecări; căderea de tensiune şi pierderile electrice la perii; pierderile Joule în bobinaje; inductivităţile de scăpări; ventilaţia; încălzirea.

Partea a treia a volumului I cuprinde: reacţia indusului; comutaţia; circuitul magnetic al maşinii cu poli de construcţie; caracteristicile de funcţionare a maşinilor de curent continuu; încercările maşinilor de curent continuu; proiectarea maşinii de curent continuu.

Autorul, pentru a uşura înţelegerea problemelor ce se ivesc pe parcurs, a considerat necesar de a-şi începe lucrarea cu o scurtă trecere în revistă a noţiunilor de analiză matematică, elucidînd noţiunile de vector, cîmp de vector, fluxul unui vector, cîmpuri irotaţionale şi solenoidale, tub de vectori şi încheind cu diagramele polare ale mărimilor ce variază periodic denumite (impropriu) diagrame vectoriale.

În continuare, prin modul de tratare a problemelor se întrezăreşte dorinţa vie a autorului de a expune semnificaţia fenomenului fizic atît din punct de vedere calitativ cît şi din punct de vedere cantitativ, care de fapt constituie o problemă dificilă şi totuşi este realizată pe de-a întregul în lucrare.

Definiţiile diferitelor reguli sînt însoţite de un amplu material grafic ce uşurează înţelegerea fenomenelor fizice expuse.

O serie de capitole tratate la început sînt perfect valabile pentru orice tip de maşină electrică prin faptul că aproape toate problemele au foarte multe elemente comune tuturor maşinilor electrice. Astfel, cel care studiază materialul îşi dă seama treptat că există o teorie unitară a maşinilor electrice sub toate aspectele.

Din modul de expunere a problemelor se observă că autorul caută să îndrume pe lector încă de la început spre o înţelegere cît mai raţională a principiilor de construcţie a maşinilor electrice, să elucideze problemele neclare la momentul oportun, pentru că trecînd mai departe la tratarea unor noi fenomene, referirile făcute să fie pe deplin înţelese, uşurînd astfel mai ales munca celor care studiază în institutele de învăţămînt superior.

În cadrul părţii a doua, autorul acordă o mare importanţă problemei pierderilor.

Un capitol bine dezvoltat şi care reuşeşte să prezinte clar fenomenele fizice şi modul de calcul este şi cel care se ocupă de problema comutaţiei.

În încheierea volumului I se dau o serie de indicaţii preţioase privind echivalenţa principalelor unităţi de măsură şi semnificaţia notaţiilor utilizate, precum şi un bogat index alfabetic pentru trimiterea precisă la o problemă ce-l interesează îndeosebi pe cititor.

Volumul II cuprinde trei părţi:

— partea I — noţiuni de bază pentru descrierea fenomenelor produse de curenţii alternativi din maşini — cu 4 capitole;

— partea a II-a — maşina sincronă cu 12 capitole;

— partea a III-a — maşina comutatoare cu 6 capitole.

Ca şi la elaborarea primului volum, şi la cel de-al doilea autorul a primit un ajutor substanţial din partea asistenţilor săi şi a unor studenţi a căror lucrări de diplomă au servit la pregătirea a numeroase cercetări. Elaborarea materialului a durat un timp mai îndelungat. Împărţirea materialului şi modul său de tratare sînt în spiritul volumului I. La fel ca şi în primul volum, nici aici nu se tratează în detaliu calculul solicitărilor mecanice, dar aceasta nu înseamnă că acestui calcul i-ar reveni un rol secundar, ci dimpotrivă se subliniază importanţa lui în proiectare, mai ales a turbogeneratoarelor şi a hidrogeneratoarelor foarte mari. Cele patru capitole ale primei părţi tratează: calculul cu mărimi complexe; locuri geometrice; reactanţele şi ecuaţiile fundamentale ale maşinilor; forme de cîmp şi sisteme polifazate nesimetrice.

Maşina sincronă conţine următoarele capitole: reacţia indusului; particularităţile calculului solicitărilor magnetice şi al pierderilor suplimentare; maşina cu poli înecaţi; maşina cu poli aparenţi; curentul de scurtcircuit; studierea caracteristicilor de funcţionare utilizînd calculul complex; procese tranzitorii la scurtcircuitul brusc de maşini sincrone; pendulaţiile maşinilor sincrone; pornirea şi sincronizarea; încercările maşinii sincrone; proiectarea maşinii sincrone; mersul calculului unei maşini cu poli aparenţi.

Partea a treia intitulată „Maşina comutatoare" cuprinde: conexiuni, raport de conversiune şi pierderi Joule; reacţia indusului; căderea de tensiune şi comutaţia; funcţionarea maşinii comutatoare; maşini comutatoare de execuţie specială; încercările maşinii comutatoare; proiectarea maşinii comutatoare.

Ca o privire asupra acestui volum, remarcăm faptul că autorul a reuşit să prezinte materialul fără a recurge la un aparat matematic complicat. Toate fenomenele sînt expuse fizic, adică pe modele şi recurgînd la noţiuni şi metode cît mai simple.

Materialul este clar expus şi în condiţii mult mai bune decît în cursurile anterioare, editate de către autor în decursul anilor.

Volumul III al lucrării tratează problema transformatoarelor. El cuprinde 11 capitole şi anume: fenomene de magnetizare; fenomene legate de scăpări; fenomene de supratensiune; caracteristici de funcţionare; transformatoare speciale; reglaj de tensiune; încercări experimentale; construcţia transformatoarelor; răcirea şi încălzirea; solicitarea izolaţiei şi alegerea ei şi proiectarea.

Intenţia iniţială a autorului de a cuprinde într-un singur volum tratarea transformatoarelor şi a maşinilor asincrone ar fi dus la o întîrziere prelungită şi nedorită a apariţiei părţii despre transformatoare. Pentru a evita aceasta, capitolele despre transformatoare s-au separat şi au fost grupate într-un volum mai redus. Ca şi la celelalte două volume, autorul a primit un ajutor preţios din partea asistenţilor săi care au revăzut toată lucrarea, contribuind cu această ocazie la îmbunătăţirea modului de prezentare şi la completarea materialului.

De asemenea, numeroase calcule şi cercetări experimentale, necesare pentru lămurirea cantitativă a diferitelor probleme, au fost parţial introduse în lucrare, pe baza unor lucrări de diplomă, sub îndrumarea şi supravegherea asistenţilor.

Volumul IV al lucrării studiază maşinile asincrone.

Materialul este împărţit în 14 capitole mari, care cuprind: studiul regulatorului de inducţie în cazul neglijării armonicilor; funcţionarea maşinii asincrone polifazate în cazul neglijării armonicilor; funcţionarea maşinii asincrone monofazate, în cazul neglijării armonicilor; rotorul în scurtcircuit; curentul de magnetizare; armonicile inducţiei magnetice în întrefier; reactanţele de scăpări; cuplurile şi forţele

armonicilor; motoarele cu refularea curentului; pornirea şi frînarea; reglajul vitezei de rotaţie; pierderi în maşina asincronă; încercările maşinilor asincrone şi proiectarea.

În tratarea modului de funcţionare, se neglijează la început armonicile şi, pentru a mări claritatea expunerii şi a uşura înţelegerea fenomenelor fizice, se alege un mod de prezentare simplificat, care este suficient de precis pentru regimurile de funcţionare ce se întîlnesc de obicei în practică. În cadrul expunerii se studiază de asemenea maşina asincronă autoexcitată, maşina monofazată cu şi fără condensator şi numeroase forme constructive ale motoarelor cu refularea curentului. Apoi se examinează comportarea maşinilor sub influenţa armonicilor, care produc cupluri şi forţe suplimentare, deranjează pornirea şi permit producerea de zgomote.

Fenomenele de magnetizare şi de scăpări sînt tratate amănunţit, corespunzător importanţei lor mari în comportarea maşinii asincrone; s-a insistat în special asupra scăpărilor diferenţiale denumite în literatura de specialitate scăpări dublu înlănţuite sau în întrefier.

Capitolele consacrate pornirii, frînării şi reglajului vitezei de rotaţie se adresează în general inginerilor care se ocupă de proiectarea instalaţiilor, precum şi inginerilor de exploatare.

Se tratează în special diferite metode de pornire care asigură un cuplu cît mai mare posibil la un curent de pornire mic, reglajul continuu şi reglajul în trepte (prin convertizoare de frecvenţă, motoare cu rotor dublu, motoare cu alimentare dublă, montaje în cascadă), precum şi schemele de transmisie sincronă.

Pentru uzul inginerilor proiectanţi s-a dat o prezentare recapitulativă sistematică a formelor necesare pentru calculul pierderilor suplimentare în fier şi în înfăşurări.

Un capitol special este destinat şi în acest volum încercărilor experimentale.

Ultimul capitol, privitor la proiectare, se încheie cu un exemplu amănunţit de calcul.

Volumul V cu care se încheie tratatul de maşini electrice este divizat în trei părţi: maşini monofazate, maşini polifazate cu colector şi grupuri cu maşini de reglaj.

În captolele introductive se prezintă rotorul cu colector în cîmp alternativ şi în cîmp învîrtitor; totodată se tratează bazele funcţionării şi calculului maşinilor.

Capitolele imediat următoare sînt consacrate diferitelor tipuri de maşini. Urmează cercetări privind autoexcitaţia şi, la sfîrşitul lucrării, la fel ca la celelalte volume, sînt cuprinse capitole referitoare la încercări experimentale şi la proiectare.

O deosebită atenţie s-a dat suprimării scînteilor atît în capitolul introductiv cît şi la examinarea diferitelor tipuri de maşini.

La maşinile monofazate, pe primul plan este tratat motorul serie, aşa cum este utilizat în tracţiunea feroviară. Cele mai multe exemple de calcul se referă la acest motor, pentru o frecvenţă a reţelei de $16^{2/3}$ Hz.

În afară de aceasta se tratează amănunţit şi alte tipuri de maşini, cum sînt, de exemplu, motoarele cu repulsie de toate tipurile, motoarele serie cu repulsie şi maşinile cu caracteristici derivaţie. La motoarele cu repulsie se prezintă întîi un calcul simplificat al valorilor relative ale vitezei, curenţilor şi cuplului, în care s-au neglijat căderile de tensiune, astfel încît caracteristicile de funcţionare sînt independente de mărimea maşinilor şi de datele înfăşurărilor şi au o valabilitate generală.

Se arată apoi influenţa căderilor de tensiune, reacţia curenţilor secţiilor în comutaţie şi modul în care se poate ţine seama într-un calcul mai precis de diferitele influenţe. Valorile calculate sînt comparate cu cele măsurate pe bază de exemple.

O prezentare asemănătoare este adoptată şi în partea a doua pentru maşinile polifazate, în care sînt tratate maşina serie, maşina derivaţie alimentată în stator şi cea alimentată în rotor, cum şi maşina derivaţie cu înfăşurare specială de excitaţie. Şi de această dată, mai întîi sînt prezentate calcule mai simple, apoi se compară, pe bază de exemplu, calculul mai exact cu măsurările.

În partea a III-a (grupuri cu maşini de reglaj) se prezintă întîi maşinile auxiliare care intervin în componenţa grupurilor de reglaj, apoi se tratează grupurile de reglaj pentru producerea curentului reactiv, pentru reglajul vitezei de rotaţie şi pentru reglajul puterii, pentru cuplaje de reţele ş.a.

Ca şi în primele patru volume s-au adăugat un indicator bibliografic, o listă privind semnificaţia rotaţiilor utilizate şi un index alfabetic. La întocmirea indicatorului bibliografic s-a putut ţine seama de publicaţiile apărute după 1944, în măsura în care acestea au fost accesibile autorului. Bogatul material şi expunerea sistematică adoptată de către autor, fac ca această lucrare să fie utilă şi interesantă. Lucrarea cuprinde şi demonstraţii noi, date de autor, cît şi puneri la punct a unor chestiuni rezolvate dificil sau parţial din domeniul maşinilor electrice.

Stilul în care este expusă lucrarea este accesibil şi lucrarea se poate urmări uşor.

Figurile lămuresc conţinutul lucrării şi în general sînt prezentate îngrijit.

Bibliografia prezentată la sfîrşitul fiecărui volum uşurează activitatea de informare şi de adîncire a anumitor probleme din lucrare.

În încheiere trebuie subliniat încă odată marele merit al autorului de a edita o lucrare clară şi utilă. Autorul a reuşit să facă o prezentare personală a unui amplu material.

La fiecare paragraf se vădesc atît efortul autorului de a înţelege bine fenomenul, cît şi talentul de a-l expune simplu. Tratatul de maşini electrice este o lucrare foarte valoroasă şi va constitui o carte de bază pentru generaţiile de electrotehnicieni.

ING. C. SĂULESCU

SCURTE ŞTIRI DIN STRĂINĂTATE

— **Izolatoare de trecere pentru instalaţii exterioare cu bare din aluminiu.** Spre deosebire de actualele izolatoare, care sînt prevăzute pentru bare de legătură din cupru, Institutul electromecanic din Leningrad a pus la punct construcţia unor izolatoare de trecere destinate instalaţiilor cu bare din aluminiu, care sînt mai uşoare şi cu 20—40% şi mai ieftine.

(*Din Vestnik Elektropromişlennosti" 32, nr. 11, noiembrie 1961, p. 78*)

Hidrogenerator de 300 MVA. Constructorii sovietici de maşini electrice au realizat peste plan proiectul hidrogeneratorului de 300 MVA. Primul în lume, la această putere, hidrogeneratorul va avea 214 rot./min şi va fi instalat la hidrocentrala de pe rîul Bahş.

(*Din Vestnik Elektropromişlennosti 32, nr. 11, noiembrie 1961, p. 45*).

— **Cablul submarin care traversează Canalul Mînecii** legînd Anglia de Franţa, care va transmite 160 MW c.c. la 200 kV, a fost terminat în decembrie 1961, după ce cele două cabluri unipolare au fost pozate în iunie 1961. Cablurile cu o lungime de 61 km leagă între ele staţiunile de redresoare Lydd (Anglia) şi Echinghen (Franţa).

(*Din ETZ-12, 1961, 15*)

Compensator sincron de 50 MVA. Colectivul uzinei „Uralelectroaparat" a asimilat producţia compensatoarelor sincrone răcite cu apă, cu o putere de 50 MVA, la tensiunea de 11 kV.

(*Din Vestnik Electropromişlennosti 32, nr. 11, noiembrie 1961, p. 9*).

— **În Anglia** s-au instalat pînă în prezent 4,6 milioane m² de cablu pentru încălzire prin podea. Pentru instruirea cu privire la acest sistem de încălzire s-a instituit un curs special, la care s-au încris 150 de arhitecți.

(Din ETZ—12, 1961, 15)

— **Un generator termoelectric nuclear** a fost dezvoltat recent pentru alimentarea aparatelor de radio și a stațiunilor meteorologice. Acesta cîntărește 18 kg și are o putere de 150 W. Ca sursă de energie conține radioizotopi, de exemplu curiu 242, care permite un regim permanent de cel puțin un an. Generatorul se compune din 144 mici elemente de semiconductoare, care sînt încălzite la 550°C de către radiația nucleară. Aparatul are un diametru de 40 cm și o înălțime de 25 cm.

(Din ETZ—13, 1961, 16)

— **A șasea turbină la UTE Chișinău.** Acum cîteva luni s-a dat în funcțiune la UTE Chișinău, a cincea turbină. În prezent a intrat în exploatare încă un generator. Cele șase turbine care formează a treia secție a uzinei depășesc de 1,5 ori puterea UTE Dubossari pe Nistru.

(Din Izvestia nr. 4, ian. 1962)

— **O întreprindere americană utilizează un nou aparat,** care prin mijlocirea razelor infraroșii supraveghează temperatura lagărelor la vagoanele trenurilor în mers. La supraîncălzirea unui lagăr se aprinde o lampă de semnalizare în tren, iar personalul trenului este anunțat (prin radio) în același timp cu personalul stației următoare (prin conducte telefonice) indicîndu-se care lagăr s-a încălzit.

(Din ETZ—13, 1961, p. 16)

— **Un releu cu o frecvență de întrerupere de 800 Hz** a fost construit de către o întreprindere franceză. Durata de serviciu este de circa 500 milioane întreruperi. Datorită greutății sale de numai 7 g, releul necesită o putere de acționare minimală de 7 mW, iar la frecvențe și mai mari, de 80 mW.

(Din ETZ—12, 1961, 15)

— **Anexa UTE în Republica Populară Chineză.** Pe riul Huanhe, în defileul Sanimînisea, se construiește o uzină hidroelectrică cu o putere de 1 000 000 kW. Un baraj de beton a și zăgăzuit lunca riului. Lacul artificial care se creează aici va permite reglarea nivelului de apă la Huanhe și, simultan, irigarea mai multor milioane de hectare de pămînt fertil. (Se prezintă o fotografie reprezentînd construcția substației de 110 kV.).

(Din Pravda nr. 19, ian. 1962)

— **A cincea UHE pe Nistru.** În regiunea Vișgorod (U.R.S.S.) se construiește o nouă UHE, a cincea în sistemul uzinelor în cascadă de pe Nistru.

(Din Trybuna Ludu nr. 349, dec. 1961)

— **Punerea în funcțiune a celui de-al doilea turbogenerator al UTE Nazarovskaia.** Constructorii și montorii UTE Nazarovskaia au repurtat o nouă victorie în muncă. După încercări de trei zile, s-a conectat la sistemul energetic al doilea turbogenerator de 150 MW. Actualmente, puterea colosului termic care se construiește a atins 300 MW. UTE Nazarovscaia a furnizat deja circa 150 milioane kWh.

(Din Pravda nr. 20, ian. 1962)

REFERATE

621.313 *Mașini electrice*

CZ. 621.313.322.045.31

Manevici, R. M. **Descoperirea spirelor scurtcircuitate la înfășurările rotoarelor turbogeneratoarelor** (Abnarujenie vitkovîh zamîkanii v obmotkah vrasciaiușcih rotorov turbogheneratorov). În: El. Stanții, **32**, nr. 11, nov. 1961, p. 53—56, 6 fig.

Izolația spirelor trebuie controlată atît pentru cazul rotorului în repaus, cît și pentru cazul cînd acesta se învîrte la viteza nominală, deoarece sînt posibile defecte care apar în timpul mișcării și care nu sînt perceptibile în poziția de repaus.

În cadrul lucrării, autorul descrie schema funcțională bloc și schema principială de conexiune a aparatului utilizat pentru determinarea scurtcircuitelor nete în bobine. În principiu, schema constă într-un generator de impulsuri, care are o frecvență de repetiție de 50 Hz, un versor circular acționat de un motor electric sincron, baza de timp și osilograful de înregistrare. Impulsul se aplică alternativ la un cap sau altul al înfășurării și pe ecran; datorită inerției acestuia, apar cele două curbe corespunzătoare. Dacă izolația este bună atunci cele două impulsuri sînt identice, iar dacă există un scurtcircuit, apare o deformare și curbele sînt diferite; după natura acestei diferențe se determină locul defectului cu suficientă aproximație.

Pentru aceasta este util ca, în prealabil, să se ridice o curbă de gradare, care să indice natura defectului.

P. B.

621.314 *Transformatoare*

CZ. 621.314.213.042.14 :621.365.51

Tihomirov, V. C. **Noul sistem de răcire al miezurilor magnetice ale transformatoarelor folosite la încălzirea inductivă** (Novaia sistema ohlajdenia magnitoprovodov transformatorov dlia induktionnovo nagreva). În: Vestnik Elektroprom. **32**, nr. 9, 1961, p. 29—30, 4 fig.

La transformatoarele folosite la încălzire inductivă, lucrînd la frecvențe mărite, pierderile magnetice specifice ating valori mari, pînă la 500 W/kg. Întrucît răcirea naturală nu este posibilă la aceste transformatoare, se preconizează folosirea unui sistem de răcire cu apă, prin canale dispuse în interiorul și exteriorul miezurilor magnetice. Pachetele de tole — realizate din elemente profilate — sînt presate și lipite cu rășini epoxidice de tipul ED-6. Pentru protejare anticorosivă, tolele marginale ale pachetelor sînt acoperite cu două straturi de compound cu amestec de umplutură din praf de cupru sau cuarț. Canalele de răcire sînt dispuse în interiorul și exteriorul pachetelor. Numărul canalelor și dimensiunile lor sînt determinate de parametrii electrici ai transformatoarelor. Canalele sînt legate între ele prin tuburi din sticlă armată și impregnate în compounduri. Răcitoarele propriuzise se fac din steclotextolit avînd o bază din rășini epoxidice. Încercările la transformatoare lucrînd la frecvența de 8 000 Hz și avînd miezurile magnetice răcite cu sistemul de mai sus au dat rezultate pozitive.

A. B.

CZ. 621.314.224.3 :621.317.312.088.6

Batranin, I. E. **Metodă inginerească de calcul al erorilor transformatorului de curent necompensat (Inginerei metod rasciota pogreșnostei nekompensipovanovo transformatora toka).** În: Izvestia vissih ucebnih zavedenii — Energhetica, **4**, nr. 10, oct. 1961, p. 38—45, 1 tab., 6 fig., 24 formule, 4 ref. bibl.

În articol este cuprinsă fundamentarea teoretică a noii metode de calcul al erorilor transformatorului de curent necompensat. Acesta prezintă dezavantajul unor erori de măsură mari, dar în același timp are față de cel compensat unele avantaje (coeficientul de multiplicitate al saturației mare, ceea ce îl face practic pentru protecția prin relee, construcție ieftină și acceptabilă pentru realizare în serii mici.

La început, în articol se determină, pe cale teoretică, legătura dintre curenții primari și cei secundari ai transformatorului de curent necompensat și se stabilește — pe baza acesteia — expresia unghiului (eroarea unghiulară); valoarea unghiului este dată în funcție de sarcina relativă a reductorului, de caracterul acesteia, precum și de unghiul de pierderi al materialului miezului magnetic. Se fac considerații

asupra rezistenţei relative de sarcină a transformatorului, ajungîndu-se la concluzia că, pentru mărirea exactităţii transformatorului, trebuie să se stabilească o anumită valoare a rezistenţei interne a înfăşurării secundare; aceasta se poate realiza pe calea utilizării materialului feromagnetic de mare permeabilitate şi cu unghi de pierderi mic, prin mărirea numărului de spire secundare şi a secţiunii fierului şi micşorarea lungimii medii a miezului. Pe baza relaţiilor teoretice, se determină apoi eroarea de amplitudine a transformatorului de curent, care este exprimată funcţie de aceiaşi parametri.

Pe baza relaţiilor celor două erori de unghi şi de amplitudine, s-au trasat diagrame care au o utilitate practică imediată, deoarece permit determinarea — într-o gamă mare de variaţie — a parametrilor transformatorului.

Metoda propusă este mult mai exactă decît alte metode într-o gamă largă de variaţie a elementelor de construcţie şi a sarcinii. Verificările experimentale pe un prototip au dus la o suprapunere mulţumitoare a rezultatelor.

P. B.

621.315 *Transmisia energiei electrice*

CZ. 315.1.027.89

Kostenko, M. V. **Problema tensiunilor foarte înalte (Problema sverhvisokih napriajenii).** În: Izvestia vîşşih ucebnîh zavedenii — Energhetika, 4, nr. 10, oct. 1961, p. 4—10.

În prezent Uniunea Sovietică ocupă primul loc din lume în ceea ce priveşte transportul energiei electrice de mare putere la distanţe mari, la foarte înaltă tensiune. În articol autorul tratează o serie de aspecte legate de totalizarea tensiunilor foarte înalte. Astfel, în primul rînd, apare necesară stabilirea domeniului de utilizare a transportului în curent continuu şi curent alternativ precum şi necesitatea construirii de prototipuri de aparate corespunzătoare. O atenţie deosebită este acordată coordonării izolaţiei şi măsurilor care se iau pentru reducerea nivelului supratensiunilor. Construirea întreruptoarelor trebuie să se dezvolte în direcţia utilizării rezistenţelor de şuntare, care duc la reducerea nivelului supratensiunilor ca urmare a evitării aprinderilor repetate. Este, totodată, necesar să se efectueze cercetări care să elucideze caracterul descărcării la distanţe foarte mari, cu precizarea influenţei umidităţii, precum şi viteza de îmbătrînire a izolaţiei supusă la cîmpuri electrice puternice. O importanţă deosebită trebuie acordată fenomenului corona şi influenţei acestuia asupra recepţiei radio şi televiziune.

Pentru efectuarea cercetărilor experimentale sînt necesare instalaţii de laborator şi de cîmp, care să permită încercarea utilajului în condiţii cît mai apropiate de cele reale. Totodată, trebuie prelucrate metode experimentale de cercetare care să corespundă scopului propus.

În articol sînt prezentate sintetic problemele care trebuie rezolvate şi din care rezultă sarcini pentru cercetare, producţie şi exploatare.

P. B.

CZ. 621.315.615.2 :621.314.2

Rey, E., Ergarth, L. **Studiul uleiurilor izolante, inhibate şi neinhibate pentru transformatoare de înaltă tensiune şi măsură.** În: Bull. ASE, t. 52, nr. 11, 1961, p. 403—413.

După ce se arată importanţa menţinerii calităţilor electrice şi fizice ale uleiului electrotehnic introdus în transformatoare, se descriu noi metode de încercare, care permit o apreciere sigură a stării uleiului. Pentru studierea completă unele uleiuri au fost inhibate şi apoi examinate amănunţit în ceea ce priveşte atît comportarea la îmbătrînire şi creşterea factorului de pierderi, cît şi comportarea la dizolvare a gazului. Rezultatele acestor experienţe sînt prezentate atît sub formă de tabele, cît şi sub formă de diagrame. De asemenea, este descrisă pe larg aparatura folosită, cum şi interpretarea cromatogramelor ridicate. În continuare, se tratează amănunţit modul de a identifica prezenţa inhibitorilor în uleiurile izolante şi cum se poate ţine seamă de comportarea lor la îmbătrînire accelerată, cu ajutorul cromatografiei cu straturi subţiri.

Fl. T.

CZ. 621.315.53.066.6

Roullier, L. **Îmbinarea conductoarelor din aluminiu** (Jointing of aluminium conductors) În: Electrical Times, 140, nr. 4, iul. 1961, p. 109—112.

La folosirea cablurilor cu conductoare din aluminiu, îmbinarea acestora în bune condiţii electrice şi mecanice constituie o problemă de mare interes. Autorul articolului menţionat arată situaţia prezentă a acestei probleme; el descrie cele trei metode mai mult folosite: cu sudura obişnuită şi fondant special; cu sudură abrazivă, şi prin topire (sudură autogenă). Se delimitează domeniile cele mai avantajoase pentru aplicarea fiecăreia dintre aceste metode. Se dau detalii şi asupra întrebuinţării clemelor cu gheară pentru îmbinări în derivaţie.

A. H.

CZ. 621.315.221.7 :669.3—417

Mielli, C. **Fabricaţia mantalelor ondulate pentru cabluri electrice.** În: Bull. ASE, t. 52, nr. 16, 1961, p. 625—627.

După ce se analizează construcţiile existente de mantale de cablu, insistîndu-se asupra avantajelor şi dezavantajelor lor, se descrie o metodă nouă de construire a mantalelor ondulate avînd ca material oţelul sau fierul. Construcţia unui cablu sub manta ondulată diferă foarte puţin de aceea a unui cablu cu manta de plumb, pe conductoarele normal izolate punîndu-se doar mantaua ondulată. Spaţiile libere între izolaţie şi manta se umplu cu o masă izolantă (la cablurile cu masă), al cărui rol este de a împiedica apa să pătrundă în cablu, fie în cursul pozării, fie la o determinare a mantalei. Pentru a proteja mantaua metalică împotriva coroziunii, aceasta se acoperă cu un înveliş anticorosiv „Poliment" şi cu un înveliş CPV. Fabricaţia mantalei ondulate se face pe o maşină specială, cu o lungime de circa 15 m, ordinea operaţiilor fiind: formarea mantalei de cupru sau de oţel în jurul cablului; sudura părţilor componente; formarea ondulelor. Sudura se face cu arc electric sub o atmosferă neutră de argon. Ondularea se face prin introducerea cablului cu mantaua sudată într-o filieră care execută ondulaţiile elicoidale. Mantaua astfel realizată este absolut etanşă şi poate suporta un mare număr de plieri. Încercările de etanşeitate s-au făcut prin aplicarea unei presiuni de 5 kgf/cm² timp de 18 ore. Dacă tubul are scăpări, reparaţia se face simplu cu ajutorul unei maşini speciale. Experienţa de exploatare arată o bună rezistenţă mecanică a acestor cabluri, greutate mai mică decît a celor de plumb, flexibilitatea mai mare şi nu necesită accesorii diferite de cele ale cablurilor cu manta de plumb.

Fl. T.

CZ. 621.315.616.96 :621.333

Skvorţov, A. A. **Folosirea izolaţiei escapon la motoarele electrice de tracţiune** (Primenenie eskaponovoi izoliaţii v tiagovih elektrodvigateliah). În: Vestnik Elektroprom, 32, nr. 9, 1961, p.42—45, 3 fig.

Banda de escapon — E — lăcuită, avînd caracteristici dielectrice şi mai ales mecanice ridicate, tinde să înlocuiască cu succes micabanda la izolaţia de bobinaje a rotoarelor motoarelor de tracţiune. Banda E, lăcuită pe ambele părţi cu un compound de acelaşi tip, oferă o izolaţie monolită şi — în acelaşi timp — elastică. În articol se prezintă încercările efectuate concomitent asupra unor bobinaje izolate cu bandă E şi asupra unor bobinaje izolate cu micabandă. Se măsoară tensiunea de străpungere, U_{str}, la epruvetele menţionate, care — în prealabil — au fost menţinute în termostate, timp de 60 de zile, la temperatura de 180±5°C.

La izolaţia cu bandă E, se observă constanţa valorii U_{str} la circa 40 kV, pe cîtă vreme la izolaţia cu micabandă ea nu depăşeşte 20 kV. Tg δ variază la izolaţia E foarte puţin cu creşterea tensiunii, şi anume între 0,05 şi 0,08 la respectiv 0,5 şi 6 kV. La izolaţia cu micabandă, tg δ în aceeaşi plajă de tensiune are valori mult mai mari, anume 0,18 respectiv 0,20. Aceste măsurători arată caracterul superior al izolaţiei cu bandă E. Dat fiind faptul că izolaţia bobinajului, la motoarele de tracţiune, este supusă la eforturi mari de vibraţii, ambele tipuri de izolaţii au fost încercate la vibraţii. Izolaţia cu micabandă a ieşit din funcţiune numai după puţine oscilaţii, pe cîtă vreme izolaţia cu bandă E a rezistat aproape 600 kHz.

A. B.

621.319 *Condensatoare*

CZ. 621.319.4

Boyer, P. **Memoria şi absorbţia dielectricului unui condensator.** Bull. ASE, t. 52, nr. 15, 1961, p. 561—563.

Cunoaşterea caracteristicilor electrice ale unui condensator — capacitate, tg δ, rezistenţă la izolaţie — în funcţie de diferiţi parametri, ca temperatură, frecvenţă şi tensiune, permite construirea de condensatoare de calitate superioară. În ultimul timp, alături de studiul fenomenelor de ionizare în condensatoare, două noi măsurători apar în aprecierea calităţii dielectricului din condensatoare : „memoria" şi „absorbţia".

Memoria este legată, mai mult sau mai puţin, de rezistenţa de izolaţie şi reprezintă posibilitatea de a păstra sarcina sa iniţială, armăturile fiind izolate în momentul dispariţiei tensiunii ; ea este funcţie de natura şi de grosimea dielectricului, de temperatura ambiantă şi de tensiune. Măsurarea ei se poate face în timp lung, pînă la 1 000 ore. Evaluarea memoriei unui condensator cu dielectric metalizat înlătură orice îndoială asupra calităţii izolaţiei sale, iar aparatura de măsurare este simplă.

Absorbţia dielectrică este un fenomen ce depinde esenţial de structura microscopică a dielectricului, iar evaluarea sa se poate asocia cu măsurarea tg δ. (Există chiar un aparat construit şi descris în literatură pentru acest scop — absorbţiometru de recurenţă.) Aparatul controlează uşor starea de alterare a dielectricului condensatoarelor, dînd o imagine a stării lui ; determinarea absorbţiei nu poate suprima pe cea a tg δ, ci — împreună cu aceasta — permite completarea studiului stării de îmbătrînire a dielectricului.

Fl. T.

CZ. 621.319.46 : 621.317.33

Iaskov, D. A. **Condensator-etalon de înaltă tensiune cu gaz sub presiune la tensiunea de lucru de 250 kV (Etalonii visokovolnii condensator a spatim-gazom na rabocie naprijenie 250 kV).** În : Vestnik Elektroprom., 32 nr. 2, 1961, p. 51—53, 3 fig.

La punţile de tip Schering, pentru măsurarea caracteristicilor dielectrice ale cablurilor şi condensatoarelor de înaltă tensiune, condensatoarele-etalon trebuie să îndeplinească următoarele condiţii: $tg\delta < 10^{-4}$, stabilitate mare a capacităţii, în timp, şi o mare valoare a rezistenţei izolaţiei. Condensatorul prezentat este montat într-o cuvă de hîrtie bachelizată, impermeabilă la aer. Electrodul de joasă tensiune este situat în interiorul platanului circular, pe care este montat electrodul de înaltă tensiune. Dielectricul condensatorului este azot comprimat la 12 at. Etalonarea dielectricului s-a făcut prin ridicarea curbei tensiunii de străpungere, U_{str}, în funcţie de presiune, la distanţe variabile între electrozi. Astfel, pentru presiunea nominală de 12 at, la distanţa de 30 mm între electrozi corespunde $U_{str} = 280$ kV, la distanţa de 40 mm, $U_{str} = 320$ kV, iar la distanţa aleasă de 45 mm, $U_{str} = 350$ kV. Parametrii condensatorului sînt : capacitatea = 57 pF ; tensiunea de încercare = 300 kV, timp de 5 min ; $tg\,\delta < 10^{-4}$ măsurată la 250 kV ; coeficientul termic al capacităţii $= 3 \times 10^{-5}$/grad ; înălţimea împreună cu căruciorul = 1 600 mm ; dimensiunile suprafeţei căruciorului = 600 × 600 mm.

A. B.

CZ. 621.319.46 : 538.53

Kucinski, G. S., Irkaeva, K. M. **Inductanţa condensatoarelor cu secţii în formă de rulou** (Induktivnosti kondensatorov s rulonîmi sekţiami). În : Vestnik Elektroprom. 32, nr. 11, nov. 1961, p. 38—41, 7 fig., 14 formule, 2 ref. bibl.

Pentru efectuarea de cercetări experimentale în domeniul proceselor care au loc în gaze, sînt necesare de multe ori condensatoare de tensiune nominală 50—100 kV, capacitate de ordinul 0,1 μF, care să lucreze la frecvenţe de oscilaţii de 1—3 MHz. În acest caz, inductivitatea proprie a condensatoarelor trebuie să fie, pe cît posibil, mai mică (pentru 3 MHz şi 0,1μF trebuie să fie de ordinul 3×10^{-2}μH, iar cu creşterea capacităţii, inductanţa proprie trebuie scăzută în mod corespunzător).

Mărimea inductanţei proprii este determinată de o serie de elemente constructive ale condensatorului : conexiuni interne, secţii, formele exterioare etc. În cazul condensatoarelor de tip rulou, inductivitatea proprie este determinată de dimensiunile geometrice, de numărul ieşirilor şi de dispoziţia lor.

Sînt date în articol relaţiile de calcul al inductivităţii unei secţii în cazul cînd aceasta are două ieşiri simetric opuse sau cînd ieşirile nu sînt simetrice. Pentru cazul unor ieşiri nesimetrice se prezintă schema echivalentă de calcul.

În cazul condensatoarelor de tip rulou, ieşirile se fac, de obicei, sub forma unor fire de cupru, a căror inductivitate se calculează — în funcţie de aşezarea lor — după relaţii date în lucrare.

Se dă, de asemenea, dependenţa inductivităţii secţiei de locul de dispoziţie a ieşirilor, pentru care s-a fixat un minim ce trebuie luat în considerare la realizarea practică. De asemenea, sînt prezentate dependenţa inductivităţii secţiei tip rulou de deplasarea bornelor, precum şi schema de măsurare a inductivităţii secţiei condensatorului.

În final, se analizează alegerea parametrilor optimi ai condensatoarelor, indicîndu-se căile de reducere a inductivităţii condensatoarelor, precum şi modul de calcul al rezistenţei de undă şi al frecvenţei de rezonanţă proprie.

P.B.

621.937 *Regulatoare*

CZ. 621.937.6 : 621.357.12 : 621.315.592

Peak, R. A. **Tăierea electrolitică a cristalelor de semiconductoare (Elektrolyte slices semiconductor crystals).** În : Electronics, 34, nr. 3, 1961, p. 82—84, 3 fig.

La tăierea cu diamant a cristalelor de semiconductoare, materialul este supus unei solicitări mecanice intensive, astfel încît nu se pot tăia plăci subţiri cu ferăstraiele de diamant. În plus, suprafaţa tăiată trebuie supusă unei prelucrări ulterioare, ceea ce înseamnă — ţinînd seamă şi de grosimea ferăstrăului — pierdere de material.

La tăierea prin dizolvare electrolitică, se pot realiza plăci (folii) pînă la 12,5 μm grosime, a căror suprafaţă nu mai necesită aproape nici o prelucrare ulterioară. Dispozitivul descris utilizează, pentru catod, o furcă, în care este întins vertical un fir subţire de wolfram (grosimea 75 μm) înconjurat de lichidul electrolit. Cristalul de tăiat este conectat ca anod, avînd un avans continuu spre firul-catod. Astfel, materialul semiconductorului este dizolvat electrolitic în permanenţă în imediata apropiere a firului de wolfram, producîndu-se în acest mod o tăietură prin semiconductor. Electrolitul serveşte, în acelaşi timp, şi la corodare şi la răcire, îndepărtînd de asemenea, prin circulaţia sa, produsele reziduale ale procesului de tăiere.

Calitatea tăieturii este în funcţie de condiţiile chimice, electrice şi mecanice ale instalaţiei. Se cere, într-adevăr, o mare constanţă a temperaturii electrolitului şi a alimentării cu curent, fiind necesară — în acelaşi timp — o deosebită precizie a construcţiei mecanice şi în special a dispozitivului de avans. Viteza de tăiere la germaniu, de exemplu, este de 4 cm/h.

Gh. C.

CRONICĂ

Consfătuire cu cititorii revistei „Electrotehnica"

CZ. 05 : 621.3 Electrotehnica (498)

În scopul îmbunătăţirii conţinutului revistei, comitetul de redacţie, în colaborare cu Filiala regională ASIT — Timişoara, a organizat în ziua de 11 aprilie a.c. o consfătuire cu cititorii şi colaboratorii din oraşul Timişoara. Din partea comitetului de redacţie, prof. dr. ing. Aurel Avramescu, membru corespondent al Academiei R.P.R., redactor responsabil, a prezentat un referat în care s-a arătat rolul şi importanţa revistei „Electrotehnica" în acţiunea de ridicare a nivelului profesional al cadrelor tehnice din unităţile sectorului electrotehnic, după care s-a analizat modul cum şi-a îndeplinit revista sarcinile ce i-au fost trasate pentru anul 1961.

Referatul a arătat măsura în care prin articolele publicate, s-a venit în sprijinul cititorilor prin tratarea unor probleme legate de producţie cu posibilitatea aplicării lor imediate în unităţile din sector (introducerea de noi metode de lucru, utilizarea de noi produse şi materiale, rezolvarea în condiţii mai avantajoase a unor probleme curente de producţie sau exploatare) sau a unor probleme de perspectivă, interesînd dezvoltarea şi organizarea întreprinderilor, cum şi dotarea lor cu instalaţii şi utilaje moderne. Referatul a menţionat faptul că în numerele apărute sau în curs de apariţie s-a urmărit desfăşurarea unei activităţi mai intense în sprijinul traducerii în viaţă a sarcinilor rezultînd din documentele de partid şi de stat.

De asemenea, au fost scoase în evidenţă şi unele lipsuri ale comitetului de redacţie, ca: publicarea unor articole care nu răspundeau unor nevoi directe ale unităţilor de producţie sau a unor articole care, prin caracterul lor teoretic, interesau numai un cerc restrîns de cititori; nu au fost tratate suficient o serie de probleme privind introducerea liniilor de automatizare, pregătirea cadrelor, cum şi studii tehnico-economice asupra eficacităţii tehnicii noi.

Secţia Electrotehnică din cadrul Filialei regionale ASIT — Timişoara a prezentat prin conferenţiar ing. Adam Semlyén un coreferat în care s-a subliniat că activitatea revistei în anul 1961 a fost considerabil îmbunătăţită faţă de anii precedenţi. Se remarcă o preocupare susţinută a redacţiei de a îndruma activitatea revistei pe linia Directivelor trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R. şi în special a hotărîrii privind introducerea tehnicii noi, la ridicarea nivelului tehnic şi îmbunătăţirea calităţii producţiei şi la ridicarea nivelului profesional al cadrelor.

Secţia a considerat că pentru îmbunătăţirea planului de măsuri adoptat, ar trebui să se insiste asupra necesităţii îmbunătăţirii colaborării cu autorii din provincie.

În încheiere, coreferentul şi-a exprimat convingerea că această consfătuire va avea rezultate favorabile în vederea ridicării activităţii revistei la un nivel corespunzător cerinţelor tehnicii actuale caracteristice desăvîrşirii construcţiei socialismului la noi în ţară.

În discuţiile purtate pe marginea celor două referate prezentate s-au analizat diferite aspecte ale articolelor publicate făcîndu-se totodată propuneri în vederea orientării viitoare a revistei.

În general, discuţiile ce au urmat s-au axat pe propuneri concrete asupra modului de îmbunătăţire a conţinutului revistei „Electrotehnica" pentru a fi cît mai folositoare în activitatea de producţie. Astfel, unele propuneri s-au referit la mărirea numărului articolelor pentru fiecare ramură din sectorul electrotehnic, la publicarea de articole referitoare la discuţii asupra unor probleme importante, asupra unor utilaje noi ce se introduc în exploatare în unităţi.

Participanţii la discuţii au arătat, de asemenea, că cititorii doresc publicarea unor articole cu caracter tehnico-economic, despre noi procese tehnologice, generalizări de inovaţii şi articole privind protecţia muncii.

Consfătuirea a contribuit la stabilirea unei legături mai strînse între revistă şi cititorii din oraşul Timişoara, care s-au angajat să acorde un sprijin mai larg activităţii redacţionale.

M. GÎRZU

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ŞT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat.

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociaţiei Ştiinţifice a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. şi al Ministerului Industriei Grele. Editor: Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. Redacţia şi Administraţia: Bucureşti, str. Ion Ghica, nr. 3. Telefon 14.15.95 — 14.06.24. Redacţia îşi rezervă toate drepturile privind lucrările precum şi materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît şi privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamentul anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Preţul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administraţia revistei, la sediile filialelor ASIT, precum şi la responsabilii cu presa din cercurile ASIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice ASIT — 070124 B.R.P.R. Filiala „30 Decembrie", Bucureşti. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2. — c. 1857

SOMMAIRE

CD 621.33(47)

Hortopan Gh. : **La traction électrique en U.R.S.S.**

Electrotehnica, **10** (1962) 5, 153—162

On expose les réalisations dans le domaine de la traction électrique en U.R.S.S., à la lumière du XX-e, XXI-e et XXII-e Congrès du P.C.U.S. On souligne le fait qu'à présent l'Union Soviétique a dépassé les pays capitalistes les plus avancés, en ce qui concerne l'ampleur de la traction électrique en tant que longueur de voies électrifiées et équipement électrique. On décrit les réalisations suivantes : le métro de Moscou, le nouveau type de tramway, la locomotive H-60 aux ignitrons, une sous-station de traction à courant continu de 3,3 kV et à courant alternatif de 22 kV.

CD 621.385.83 : 621.317.4

Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I. : **Mesure des paramètres magnétiques du bétatron de l'Institut de Physique Atomique de l'Académie de la République Populaire Roumaine. Mesure des inhomogènéités azimutale magnétiques.**

Electrotehnica, **10** (1962) 5, 162—168

Les inhomogènéités magnétiques d'amplitudes et de phase ont été mesurées à l'aide d'une paire de bobines-sondes, dont une bobine fixe et l'autre mobile. Pour les inhomogènéités de phase on a utilisé des bobines—sondes à noyau magnétique saturable ; la bobine mobile étant pourvue d'un enroulement de prémagnétisation.

Les inhomogènéités azimutales d'amplitude ont été inférieures à $\pm$ 1%, et celles de phase, inférieures à $\pm$6 min.

CD 621.315.622.1 : 621.315.612.6

Ţenţulescu D., Goldenberg I., Popescu C., Tănăsescu Fl. : **Masses en verre pour les isolateurs de haute tension.**

Electrotehnica, **10** (1962) 5, 168—174

Après avoir montré la manière dont la composition chimique du verre agit sur les propriétés électro-chimiques on analyse en détail quelques masses en verre expérimentées chez nous qui sont tenues de répondre aux nécessités de la fabrication des isolateurs de haute tension.

On donne, dans des tableaux et sous forme de diagrammes, le composition des verres étudiés et les caractéristiques électrophysiques correspondantes. On montre en conclusion que le verre thermorésistant R_1 offre des propriétés adéquates et c'est pourquoi il va faire l'objet des recherches ultérieures ayant pour but la réalisation des éléments de chaînes d'isolateurs pour les lignes de haute tension.

POUR LE JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.314.2.017.72—523

Bichir I. N. : **La comande du refroidissement forcé des grands transformateurs.**

Electrotehnica, **10** (1962) 5, 174—180

On présente divers schémas de commande pour le refroissement forcé des grands transformateurs, par soufflage à air et par circulation d'huile, tout en donnant les schémas de principe respectifs.

On présente également les critériums de classification des moteurs d'actionnement en vue d'une protection efficace, et l'on décrit l'installation réalisée.

NOUVELLES CEI 181

COMPTES—RENDUS 181—184

NOUVELLES DE L'ETRANGER 184—185

NOTES 185—187

CHRONIQUE 188

CONTENTS

DC 621.33(47)

Hortopan Gh.: **The electric traction in the U.S.S.R.**

Electrotehnica **10** (1962) 5, 152—162

The author describes the Soviet achievements obtained in the field of electric traction in the light of the documents elaborated by the XX^{eh}, XXIst, and XXIInd Congresses of the Communist Party of the Soviet Union. It is emphasized that the U.S.S.R. has surpassed the foremost capitalist countries as to the extension of electric traction especially as concerns the length of electrified lines and the electric equipment. The following achievements are described: the Moscow metropolitan, the new-type tramway, the locomotive Z-60 with ignitrons, a traction substation working at a 3,3 kV continuons current and a 22 kV alternative current.

DC 621.385.83 : 621.317.4

Iliescu C., Haltrich St., Leibovici I.: **Measuring the magnetic parameters of the betatron working at the Atomic Physics Institute of the Academy of the Rumanian People's Republic. Determination of the azimuthal magnetic field inhomogenities.**

Electrotehnica **10** (1962) 5, 162—168

The azimuthal magnetic amplitude and phase inhomogenities have been measured by means of two test coils, a fixed and a moving one. Test coils with saturable magnetic core have been used in the case of phase inhomogenities. The moving coil had a.d.c. bras winding.

The azimuthal amplitude inhomogenities were lower than $\pm$ 1% and the phase ones lower than $\pm$ 6 min.

DC 621.315.622.1 :621.315.612.6

Țențulescu D., Goldenberg I., Popescu C., Tănăsescu Fl.: **Glass masses for high tension insulators**

Electrotehnica **10** (1962) 5, 168—174

After pointing out the influence of the chemical composition of glass on its electrophysical properties, the author analyses in detail some glass masses tested in our country for the manufacture of high tension insulators.

The composition and electrophysic characteristics of the glass masses studied are presented in tables and diagrams. It is shown in conclusion that the thermoresistant glass of the R_1 type possesses adequate properties. It will therefore make the object of further researches in view of the performance rising of insulator chain elements for high tension lines.

FOR THE YOUNG ENGINEER

DC 821.314.2.017.72—523

Bichir I. N.: **The control of the forced cooling in large transformers**

Electrotehnica **10** (1962) 5, 174—180

A description is given of various control systems relating to the forced cooling of large transformers by means of air blowing and oil circulation. The respective schemes are also included. The grouping criteria of driving motors meant to ensure an effective protection are given together with the description of the installation achieved.

IEC NEWS 181

REVIEWS 181—184

BRIEF EXTERNAL NEWS 184—185

REPORTS 185—187

CHRONICLE 188

TITLURI DOCUMENTARE

621.313 MAŞINI ELECTRICE

CZ 621.313.17

Ermolin, M. P. **Probleme actuale în legătură cu crearea de maşini electrice de puteri scăzute,** Elektricestvo, **81**, nr. 8, 1961, p. 4—7.

CZ 621.313.1.017.3 : 621.317.43

Gilbert, J. A. **O metodă de măsurare a repartiţiei pierderilor în fier în maşinile electrice**, Proc. Inst. Elect. Engrs., part. A, **108**, 1961, p. 239—244, 8 fig.

CZ 621.313.1.048 : 621.315.613.1

Caban, V. şi Rodzinskii, V. **Metode moderne de izolare cu mică a maşinilor de înaltă tensiune**, Przeglad Elektrotechniczny, **37**, nr. 4, 1961, p. 158, 2 fig.

CZ 621.313.2

Chaumier, C. **Maşinile generatoare de curent continuu în instalaţiile industriale**, Electricien, **89**, apr. 1961, p. 68—77, 11 fig., 3 tab.

CZ 621.313.29

* * * **Noi motoare cu bobinaj imprimat**, Électrique, **36**, mart.—apr. 1961, p. 55—57, 4 fig., 1 tab.

CZ 621.313.333.016.313

Kovaci, K. P. **Studiul motorului asincron cu rotor nesimetric**, Iz. vîssih ucebnîh zavedenii, Elektromehanika, nr. 4 1961, p. 21—37.

CZ 621.313.333.012.2

Imşeneţki, V. V. **Diagrama circulară a motorului asincron trifazat într-un regim monofazat**, Iz. vîssih ucebnîh zavedenii Elektromehanika, nr. 3, 1961, p. 75—83.

CZ 621.313.333 : 621.375.3

Kratz, P. **Comanda şi reglajul motoarelor asincrone prin transductoare**, Elektrotechn., Z., ETZ—B, 13 ian. 1961, p. 1—7, 11 fig., 1 tab.

CZ 621.313.333.017 : 538.551.3

Oberrell, K. **Calcularea cîmpurilor armonice de saturare în maşinile de inducţie**, E.u.M. **78**, apr. 1961, p. 285 — 294, 7 fig., 4 tab.

621.314.2. TRANSFORMATOARE DE CURENT ALTERNATIV

CZ 621.314.2.072.2

Arhipov, M. K. **Despre parametrii transformatoarelor de forţă pentru reglajul tensiunii**, Promîşlennaia Energhetika, nr. 3, 1961, p. 42—46.

CZ 621.314.2.017 :518.3

Maricev, R. D. şi *Segalov, I. L.* **Nomograme pentru determinarea pierderilor de putere şi de energie în transformatoarele de forţă**, Elektriceskie stanţii, **32**, nr. 7, 1961, p. 49—54, 4 tab.

CZ 621.314.21 : 621.3.048.1

Hasterman, Z. **Rezistenţa izolaţiei transformatoarelor**, Przeglad Elektrotechniczny, **37**, nr. 4, 1961, p. 147—152, 7 fig., 17 ref. bibl.

CZ 621.314.224.8

Jerzykiewicz, A., Tyszkiewicz, Z. **Circuitele magnetice ale transformatoarelor moderne de măsură a curenţilor**, Przeglad Elektrotechniczny, **37**, nr. 5, 1961, p. 205 — 216, 32 fig., 26 ref. bibl.

CZ 621.314.64 : 538.639

Schwartz, B. şi *Levy, M.* **Studiul efectului de cîmp asupra tranzistoarelor cu seleniu**, Proc. Inst. Radio Engrs., **48**, mart. 1960, p. 317—320, 5 fig.

621.315 CABLURI

CZ 621.315.21.014.3

Buckingham, S.G. **Curenţii de scurtcircuit admisibil în cablurile de reţele de distribuţie,** Proc. Inst. Elect. Engrs., part. A, **108,** iun. 1961, p. 197—204, 2 tab.

CZ 621.315.614.64 : 621.314.224.8

Sibilski, H. şi Jerzykiewicz, A. **Transformator de măsură a curentului, cu izolaţie de hîrtie-răşină epoxi, tip IZOL-30,** Przeglad Elektrotechniczny, **37,** nr. 5, 1961, p. 216—218, 4 fig.

621.316.5 ÎNTRERUPTOARE-SEPARATOARE

CZ 621.316.542.015.51

Husa, V. şi Cihelka, J. **Măsurarea rigidităţii dielectrice în disjunctoarele cu aer comprimat,** E.u.M., **78,** apr. 1961, p. 281—285, 15 fig.

CZ 621.316.545.016.45

Aronov, M. A. **Folosirea separatoarelor instalaţiilor interioare pentru deconectarea curentului de mers în gol al transformatoarelor,** Elektriceskie Stanţii, **32,** nr. 8, 1961, p. 62—66, 4 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.316.577 : 621.316.9

Prade, G. **Disjunctoare de protecţie contra punerii la mase accidentale cu întrebuinţări universale,** E.u.M., **78,** iun. 1961, p. 402—406, 9 fig., 1 tab.

CZ 621.316.722

Vedeneev, G. I. şi Moin, U. S. **Regulator de tensiune semiconductor,** Vestnik Elektroprom., **32,** nr. 7, 1961, p. 34—37, 5 fig.

CZ 621.316.721 + 621.315.728

Měrička, J. **Două domenii identice funcţionînd paralel în cazul reglării automate a frecvenţei şi a puterii transmise,** Elektrotechnicky Obzor, **50,** nr. 6, 1961, p. 309 — 317, 9 fig., 9 ref. bibl.

621.317 MĂSURĂTORI, APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.382 : 621.314.2

Lebson, S. **Influenţa erorilor transformatoarelor de măsură asupra preciziei de măsurare a puterii active,** Przeglad Elektrotechniczny, **37,** nr. 4, 1961, p. 140 — 142, 5 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.317.39

Iudin, E. E. **Aparat de semnalizare prin impuls a nivelului cu triode semiconductoare,** Priborostroenie, nr. 7, 1961, p. 25—27, 3 fig., 2 ref. bibl.

621.335 LOCOMOTIVE ELECTRICE

CZ 621.335.2

Machefert-Rassin şi May, **Locomotivele BB 9400 de curent continuu de 1 500 V. Motoarele de tracţiune SW 408,** Rev. gen. chem. fer., **80,** apr. 1961, p. 217—225, 12 fig.

CZ 621.335.2

Woimant, J. **Locomotivele BB 9400 de curent continuu de 1 500 V. Echipament electric,** Rev. gen. chem. fer., **80,** apr. 1961, p. 207—216, 11 fig.

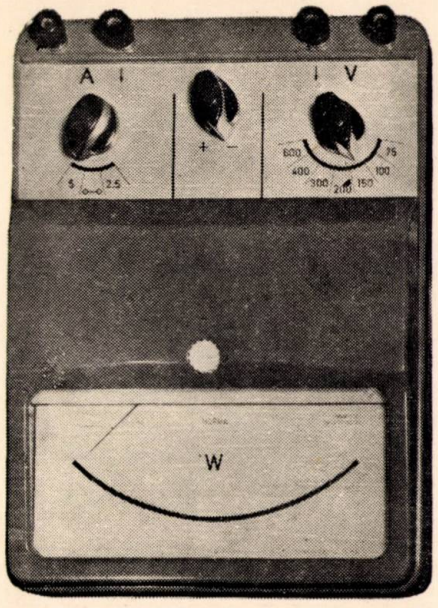
CZ 621.335.2.004.13

Isaev, I. P. şi Sonin, V.S. **Siguranţa de exploatare a echipamentului electric al locomotivelor electrice,** Elektricestvo, U.R.S.S., **81,** nr. 3, 1961, p. 18—21, 2 fig., 2 tab., 5 ref. bibl.

Ultima noutate a programului nostru de producție:

APARAT DE PRECIZIE (WATTMETRU) Model 502

pentru frecvențe pînă la 2 500 Hz, voltmetru și ampermetru clasa 0,2



NORMA

De 40 de ani instalațiile noastre de măsură deservesc clienții noștri din numeroase țări!

Furnizăm

TOATE INSTALAȚIILE ELECTRICE DE MĂSURĂ, DE LA INSTRUMENTE DE TABLOU PÎNĂ LA APARATE DE PRECIZIE ȘI DE REGLARE.

NORMA

FABRIK ELEKTRISCHER MESSGERÄTE, GESELLSCHAFT m. b. H. WIEN Xi. FICKEYSSTRASSE, 1—11

A APĂRUT VOLUMUL IX

din

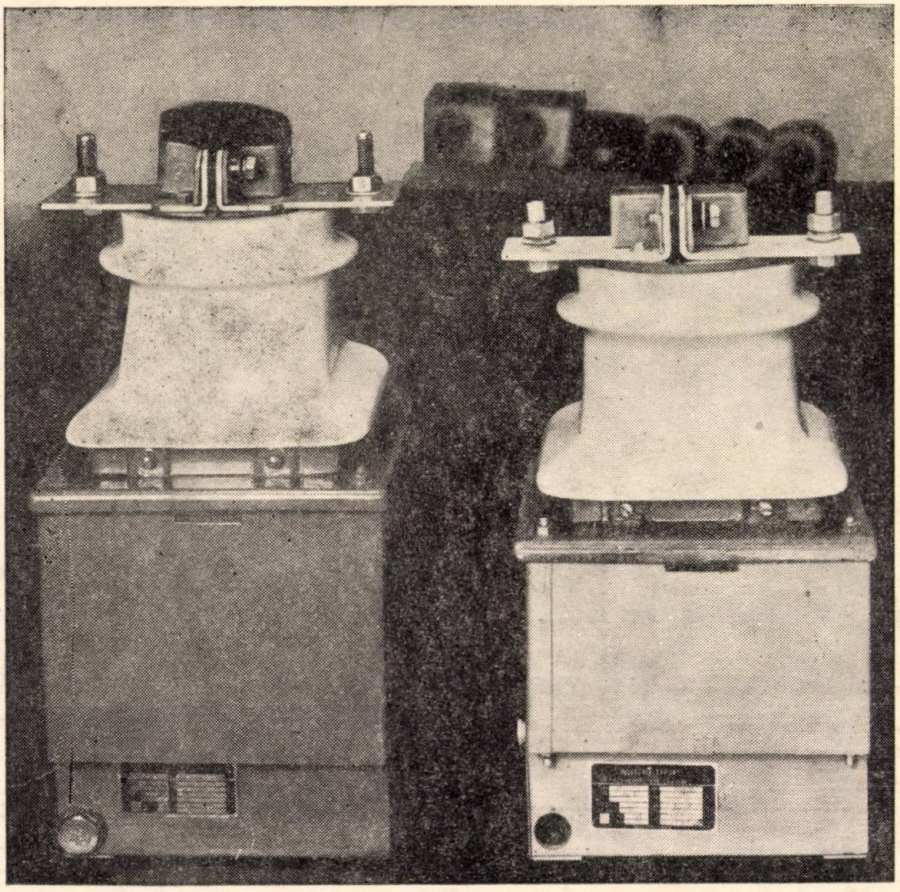
LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

— elaborare nouă —

Volumul conține termenii directori care încep cu litera **H — Ky**

Costul unui volum 100 lei

Vă puteți procura acest volum, ca și cele anterioare, la librării, difuzorii de cărți din întreprinderi și prin „Publicațiile Tehnice ASIT", București, str. Ion Ghica nr. 3, raionul Tudor Vladimirescu, cont 070 124 B.R.P.R. — filiala „30 Decembrie"

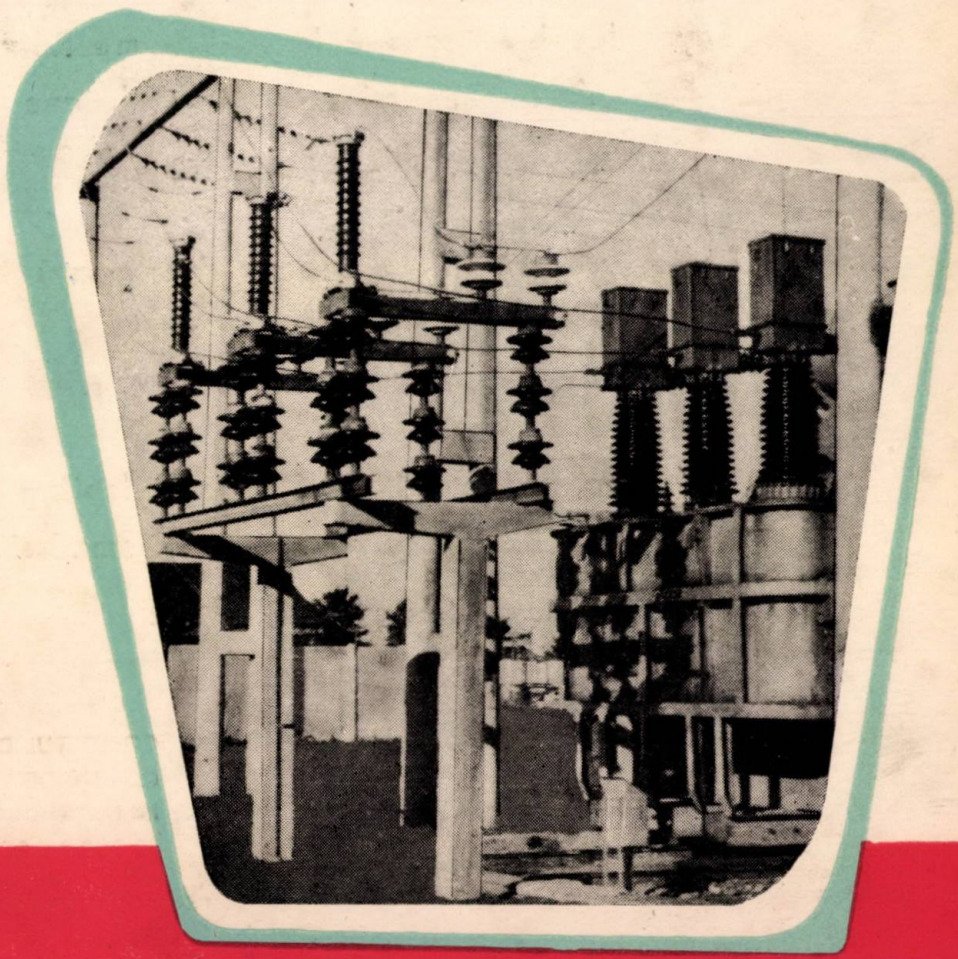


E 2040

REFERATIVA

R

ELECTROTEHNICA



6

Electrotehnica — București ★ Anul 10 ★ nr. 6 ★ p. 189 — 244 ★ — iunie 1962

Salut celei de-a XXVII-a Reuniuni Generale a Comisiei Electrotehnice Internaționale

București, 24 iunie — 7 iulie 1962

Soyez les bienvenus à la XXVII-ème Réunion Générale de la Comission Électrotechnique Internationale

Bucarest 24 juin — 7 juillet 1962

Приветствие XXVII Совещанию Генеральной Международной Электротехнической Комиссии

Бухарест, 24 Июня — 7 Июля 1962 г.

Welcome to the XXVIIth General Meeting of the International Electrotechnical Commission

Bucharest, June 24 — July 7, 1962

COMITETUL DE REDACȚIE,
COMITÉ DE RÉDACTION,
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ,
EDITORIAL STAFF.

ELECTROTEHNICA

Anul 10 nr. 6 iunie 1962

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

CUPRINS

CZ. 061.3 : 621.3 „1962"

CER : Salut adresat celei de-a XXVII-a Reuniuni Generale a CEI, Bucureşti, 24 iunie — 7 iulie 1962.

Electrotehnica **10** (1962) 6. p. 189—190

CZ. 621.312 (498) (09)

Ghiţă N. **Progresul industriei electrotehnice în R.P.R.**

Electrotehnica 10 (1962) 6, p. 191—197

Articolul subliniază evoluţia rapidă a industriei noastre electrotehnice în ultimii 15 ani pe baza unor date privind dinamica producţiei şi ridicarea nivelului tehnic al produselor, demonstrată prin indici caracteristici. Se prezintă succesele introducerii seriilor unitare de maşini asincrone, de transformatoare de putere şi de alte aparate. De asemenea, echipamentul electric pentru tracţiune, maşini-unelte, incluzînd dispozitivele automate electrice.

Cercetarea ştiinţifică efectuată în institute şi în laboratoarele uzinale şi instruirea cadrelor de specialitate sprijină efectiv producţia şi dezvoltarea ei viitoare.

CZ. 621.311.1 (498) (09)

Gheorghiu, N. **Dezvoltarea industriei energetice în R.P.R.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, p. 198—205

Iniţial se arată situaţia grea a instalaţiilor electroenergetice moştenite de la regimul burghezo-moşieresc şi, printr-o comparaţie edificatoare, se subliniază saltul uriaş făcut în anii regimului de democraţie populară. Primul plan de electrificare (1951—1960) a fost realizat şi depăşit cu mult înainte de termen. Dezvoltarea în continuare a electrificării va anima şi va susţine puternic dezvoltarea industriei, agriculturii şi transporturilor şi, în ansamblu, a economiei noastre naţionale.

CZ. 621 + 621.312 : 658.5

Ivancenco, A. **Unele probleme privind eficacitatea economică a introducerii tehnicii noi**

Electrotehnica **10** (1962) 6, p. 206—214

Ridicarea continuă a nivelului tehnic al producţiei caracterizează actuala perioadă de desăvîrşire a construcţiei socialismului în ţara noastră.

În articol se subliniază importanţa introducerii de utilaje şi aparate moderne cu parametri tehnico-economici ridicaţi, a unor tehnologii moderne şi de mare randament, a unei organizări raţionale a întregului proces de producţie.

Tipizarea, la fel ca şi specializarea producţiei, se urmăreşte prin toate mijloacele, şi în acest sens se apreciază ca pozitivă munca organizaţiilor internaţionale, care întocmesc recomandări cu caracter normativ şi de tipizare. Standardele de stat tind să oglindească recomandările internaţionale în vederea reunificării şi tipizării produselor şi să asigure o adaptare a dispoziţiilor respective la condiţiile specifice din ţara noastră.

Introducerea pe scară tot mai largă a mecanizării şi automatizării, folosirea maşinilor electronice de calcul pentru controlul şi reglarea procesului de producţie, toate acestea contribuie cu precădere la îndeplinirea sarcinilor ce revin industriei electrotehnice.

CZ. 621.312 (498) UEPC (09)

Popovici, Vl., şi Stanciu, V. **Uzinele „Electroputere"-Craiova, creaţie a regimului de democraţie populară.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, p. 215–227

Dezvoltarea rapidă a uzinelor începînd cu anul 1948 se ilustrează pe baza organizării raţionale pe mari unităţi: fabrica de maşini, de transformatoare, de aparataj.

Se arată ritmul ridicat al creşterii producţiei, precum şi ridicarea nivelului tehnic al produselor caracterizate prin indici specifici îmbunătăţiţi.

Reproiectarea produselor împreună cu modernizarea utilajului şi adaptarea unor procese tehnologice moderne, de înaltă productivitate, au permis ridicarea necontenită a nivelului produselor, care a atins nivelul din ţările mari industriale.

CZ. 621.317.333.82/[CET (498)

Hortopan, Gh. **Contribuţia Institutului de Cercetări Electrotehnice la rezolvarea problemelor de încercare la impuls**

Electrotehnica **10** (1962) 6, p. 226–230

Se prezintă rezultatele cercetărilor teoretice şi experimentale pentru perfecţionarea încercărilor de înaltă tensiune.

În cadrul institutului s-au elaborat staţii de impuls cu dispozitive speciale de sincronizare, divizoare de tensiune, şunturi speciale de curent cu erori mici, generatoare de impulsuri repetate pînă la 10 kV pentru defectoscopie şi încercări de laborator şi de tip a maşinilor. S-au construit şi studiat modele electromagnetice de transformatoare şi s-au sprijinit fabricile constructoare de maşini, transformatoare şi aparataj. Se propune elaborarea unor recomandări CEI pentru încercarea maşinilor electrice cu unde de impuls şi a transformatoarelor cu undă tăiată.

CZ. 621.312 : 621.39 (498) (09)

Lăzăroiu, F.D. **Dezvoltarea industriei electronice în R.P.R.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, p. 231–236

În articol se arată că în cei 14 ani care au trecut de la naţionalizare uzinele „Electronica" au cunoscut un ritm de dezvoltare foarte susţinut.

S-a primit un sprijin efectiv din partea institutelor de cercetări cu domenii de activitate conexe. Specializarea întreprinderilor şi mărirea suprafeţelor de fabricaţie au creat premisele trecerii la fabricaţia de mare serie.

Producţia globală a uzinelor „Electronica" a crescut în decada 1949–1959 de 16 ori, iar în anul 1961 s-a produs aparatul de radiorecepţie cu numărul de serie 1 000 000.

Producţia uzinelor cu caracter electronic a crescut continuu, s-au înmulţit sortimentele, calitatea se îmbunătăţeşte mereu.

NOTE 237–239

DISCUŢII 239–241

REFERATE 242–244

Fotografia de pe coperta I reprezintă un autotransformator de reglaj 110/110±20% construit la uzinele „Electroputere" Craiova, care leagă între ele două mari sisteme energetice regionale El a fost realizat și montat în stație în anul 1961.

Fotografia de pe coperta a IV-a reprezintă o celulă debroșabilă de 6 kV, construită la uzinele „Electroputere" Craiova.

La photographie sur la première coperte représente un autotransformateur à reglage 110/110±20% kV construit par les Usines „Electroputere" Craiova, connexant entre eux deux grands systémes énérgetiques régionaux.
El a été réalisé et installé dans la sous-station en 1961.

La photographie sur la quatrieme coperte représente une célule débrochable de 6 kV construite par les Usines „Electroputere" Craiova.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR·ORSZÁGOS
1983

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.
ȘI AL MINISTERULUI METALURGIEI ȘI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

Anul 10 nr. 6 București, iunie 1962

A 27-a REUNIUNE GENERALĂ A COMISIEI ELECTROTEHNICE INTERNAȚIONALE,

București, 24 iunie—7 iulie 1962

Bun-venit

Comitetul electrotehnic romîn urează un călduros bun-venit participanților la cea de a 27-a Reuniune generală a Comisiei electrotehnice internaționale, care are loc la București între 24 iunie și 7 iulie 1962.

Prin participarea sa la organizarea acestei Reuniuni generale a C.E.I., care urmărește coordonarea, apropierea și unificarea prescripțiilor, regulilor și standardelor naționale în domeniul electrotehnic, Comitetul național romîn pentru C.E.I. a înțeles să se integreze în una dintre acțiunile de întărire a colaborării între popoare, în vederea ridicării lor economice. Comitetul electrotehnic romîn speră că, prin eforturi comune, lucrările Reuniunii acestei vechi organizații internaționale se vor desfășura fructuos, contribuind la opera tot mai importantă de unificare tehnică, în vederea promovării înțelegerii între specialiști, ingineri și constructori, în vederea ameliorării calității produselor electrotehnice, energetice și electronice și a activării schimbului lor. Primind deci în capitala țării noastre pe specialiștii din țările membre care colaborează în cadrul C.E.I., împreună cu persoanele însoțitoare, oferindu-le ospitalitate pe timpul lucrărilor Reuniunii și al manifestărilor legate de ea, Comitetul nostru național își îndeplinește o datorie de onoare.

El dorește ca metode de lucru asemănătoare cu acelea aplicate de C.E.I. pentru realizarea înțelegerii în probleme specific tehnice să găsească o extensiune la probleme de înțelegere în cît mai multe domenii ale activității umane.

Comitetul s-a străduit să organizeze manifestări sociale, excursii tehnice și turistice, care să corespundă tradiției C.E.I. și să permită delegaților și persoanelor însoțitoare să ia cunoștință de cîteva dintre realizările noastre. El speră că poporul nostru, prins în munca de ridicare a nivelului său de trai și țara noastră, cu varietatea ei climatică și geografică – cu munți și dealuri, șes, litoral și deltă, – le vor lăsa numai amintiri plăcute în scurta lor ședere printre noi.

Cu aceste gînduri, sentimente și dorințe, urăm participanților la Reuniune succes deplin în desfășurarea lucrărilor.

COMITETUL ELECTROTEHNIC ROMÎN

București, iunie 1962

27-ème RÉUNION GÉNÉRALE DE LA COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

Bucarest, 24 juin—7 juillet 1962

Bienvenue

Le Comité Electrotechnique Roumain est heureux d'adresser ses meilleurs voeux de bienvenue aux participants à la XXVII-e Réunion Générale de la Commission Électrotechnique Internationale, qui aura lieu à Bucarest du 24 juin au 7 juillet 1962.

Par sa participation à l'organisation de cette Réunion Générale de la C.E.I., dont le but est de coordoner, rapprocher et unifier les prescriptions, règles et normes nationales dans le domaine de l'électrotechnique, le Comité National Roumain pour la C.E.I. a voulu s'intégrer dans une des actions qui rendent plus étroite la collaboration entre les peuples en vue de leur progrès économique.

Le Comité électrotechnique roumain espère que les travaux de cette ancienne organisation internationale seront, grâce aux efforts communs, bien fructueux, contribuant à l'action toujours plus importante d'unification technique, pour créer une meilleur entente entre spécialistes, ingénieurs et constructeurs, pour améliorer la qualité des produits électrotechniques, énérgetiques et électroniques et en activer les échanges. En recevant donc dans la capitale de notre pays les spécialistes des pays membres de la C.E.I. et les personnes les accompangant, en leur offrant son hospitalité durant les travaux de la Réunion et les manifestations qui auront lieu à cette occasion, notre Comité national pense remplir un devoir d'honneur.

Son souhait est de voir l'esprit et les méthodes de travail de la C.E.I. gagner d'autres domaines d'activité humaine et y développer la même compréhension mutuelle que dans ce domaine technique spécifique.

Le Comité a tout fait pour organiser des manifestations sociales, des excursions techniques et touristiques conformément à la tradition de la C.E.I., qui permettent aux délégués et à ceux qui les accompagnent de connaître quelques-unes de nos réalisations.

Le Comité veut croire que notre peuple, travaillant pour accroître le niveau de vie des masses laborieuses, notre pays, d'une grande diversité climatique et géographique, avec ses montagnes et ses collines, ses plaines, son littoral et son Delta, seront autant de souvenirs agréables pour nos hôtes, à la suite de leur bref séjour parmi nous.

Animés de ces pensées et sentiments, nous faisons aux participants à la 27e Réunion de la C.E.I. les meilleurs souhaits de succés dans leurs travaux.

LE COMITÉ ÉLECTROTECHNIQUE ROUMAIN

Bucarest, juin 1962

CZ. 621.312 (498) (09)

Progresul industriei electrotehnice în R.P.R.

Ing. Nicolae Ghiță

Adjunct al Ministrului Metalurgiei și Construcțiilor de Mașini.

Principala sarcină a planului de 6 ani de dezvoltare a economiei naționale o constituie continuarea în ritm susținut a industrializării țării, menținîndu-se prioritatea industriei grele și îndeosebi a construcțiilor de mașini.

Realizările de pînă acum ale industriei constructoare de mașini ne îndreptățesc să afirmăm că marile sarcini ce ne revin de a furniza mașini, utilaje și aparatura necesară dezvoltării forțelor de producție din toate ramurile economiei naționale vor fi îndeplinite în timp și în bune condiții. Produsele realizate vor satisface cerințele, atît din punct de vedere cantitativ cît și ca nivel tehnic.

În cadrul ramurii construcțiilor de mașini, s-a acordat și se acordă o deosebită importanță industriei electrotehnice. Dezvoltarea producției proprii de mașini, aparate electrice și materiale electrotehnice a contribuit în mare măsură la succesele obținute în dezvoltarea multilaterală a economiei naționale.

Simultan cu dezvoltarea industriei moderne a crescut preocuparea în domeniul normalizării și tipizării. Lucrările în acest domeniu, legate de studii și elaborări pe plan național, tind a se generaliza, căpătînd cu ajutorul organizațiilor internaționale de specialitate un caracter mai larg, mondial. Țara noastră, acordînd o înaltă prețuire acestor organizații, participă activ la lucrările lor, ținînd seama de recomandările întocmite în dezvoltarea produselor industriale.

Între 24 iunie și 7 iulie 1962 are loc în București reuniunea anuală a Comisiei Electrotehnice Internaționale al cărei rol este de a elabora recomandări pentru unificarea standardizării pe întregul glob, în domeniul electrotehnic.

Acest eveniment tehnic este deosebit de apreciat și important pentru țara noastră.

Ne putem exprima speranța că reuniunea CEI din 1962 de la București va constitui un prilej pentru schimburi de păreri între specialiștii noștri și cei din întreaga lume, care vor putea cunoaște realizările și perspectivele industriei noastre, în special ale ramurii electrotehnice.

Progresul industrial

Pentru o mai bună cunoaștere a acestei ramuri industriale este necesar să se cunoască de unde am pornit și drumul străbătut pînă în prezent.

Progresul industriei electrotehnice a fost și este condiționat de dezvoltarea întregii industrii și în special a industriei metalurgice și constructoare de mașini.

Prioritatea industriei grele — în cadrul programului general al economiei naționale — corespunde tezei fundamentale de industrializare socialistă aplicată cu consecvență și fermitate de Partidul Muncitoresc Romîn.

Ritmul de creștere a producției globale industriale a fost în anii 1956—1960 de 10,8%, iar creșterea medie anuală în industria mijloacelor de producție, de 12,7%. Față de producția din anul 1955, în anul 1960 s-au produs : de 1,7 ori mai multă fontă, de 2,2 ori mai mult oțel, de 2,6 ori mai multe laminate finite.

În primii doi ani ai planului de șase ani (1960—1965) producția în industria constructoare de mașini a sporit cu aproape 60%, atingînd un ritm mediu anual de creștere de 26%, depășindu-se media anuală de 22,6%, realizată în perioada 1951—1960.

Sporirea producției în ramura construcțiilor de mașini se înfăptuiește concomitent cu modernizarea produselor și asimilarea de noi mașini și utilaje cu caracteristici tehnice și economice superioare, comparabile cu cele mai bune realizări actuale.

Industria constructoare de mașini acoperă în prezent o bună parte din necesarul de mașini și utilaje al economiei naționale. Totodată trebuie să menționăm creșterea an de an a exportului în acest domeniu, prin care țara noastră s-a afirmat cu succes pe piața internațională ca exportatoare de mașini și utilaje.

Aprecierea de care se bucură utilajul nostru petrolier, din partea beneficiarilor externi, prin comparație cu produsele corespunzătoare din țări cu veche tradiție industrială, se extinde și la alte produse ale industriei noastre constructoare de mașini.

Pentru aprecierea realizărilor din industria electrotehnică, este necesar să se sublinieze că pînă în anul 1948 nu se putea vorbi de o astfel de industrie la noi în țară. Actuala industrie electrotehnică este o creație a regimului democrat-popular.

Cifrele de creștere a producției, a numărului de salariați și a investițiilor ilustrează eforturile muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor din industria noastră electrotehnică, precum și sprijinul acordat de stat pentru a se ajunge la situația de azi.

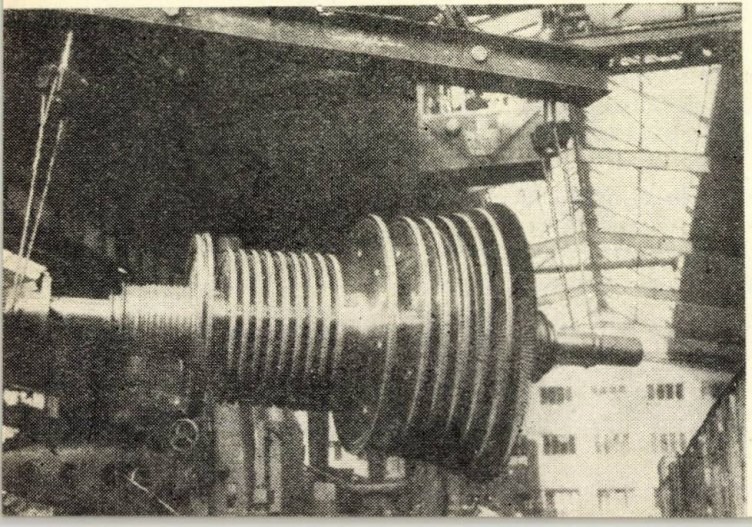
Dinamica creșterii industriei electrotehnice

Luînd ca bază cifrele din anul 1950, rezultă următoarele creșteri în industria electrotehnică :

— Producția globală electrotehnică în 1955 a fost de 3,35 ori mai mare, iar în 1961 a fost de aproape 12 ori mai mare.

Fig. 1. Rotor pentru turbină cu abur — Combinatul metalurgic Reșița.

Fig. 1. Rotor de turbine à vapeur — Combinat Métallurgique Reșița.



— Numărul de salariați a crescut în 1955 de 1,32 ori, ajungînd ca în 1961 să fie de 2,5 ori mai mare.

Statul nostru a pus la dispoziție importante fonduri de investiții, pentru dezvoltarea industriei electrotehnice. Astfel, în perioada 1957—1961, an de an investițiile realizate au crescut, fiind în 1958 de peste 1,25 ori mai mari decît în 1957, în 1960 de 2,16 ori și în 1961 de 3,78 ori.

În anii regimului democrat-popular au fost create numeroase întreprinderi electrotehnice.

S-au dezvoltat atelierele și întreprinderile existente anterior, devenind unități industriale bine organizate și dotate cu bază tehnico-materială corespunzătoare.

Cele cîteva cifre indicate mai sus ilustrează clar că o dată cu instaurarea regimului de democrație populară a avut loc o schimbare radicală, structurală ; ea a fost impusă de creșterea cererilor, de ritmul de dezvoltare a electrificării și industrializării țării noastre.

Producția de energie electrică, care a crescut în 10 ani (între 1950—1960) de la 2,1 miliarde la 7,7 miliarde kWh, a fost distribuită în cea mai mare măsură prin transformatoarele și aparatajul realizat în țară.

Mașinile, utilajele și agregatele realizate de uzinele constructoare de mașini, al căror volum a fost în 1960 de 10 ori mai mare decît în 1938, au fost dotate cu echipamente electrice produse în țară (fig. 1).

În afară de satisfacerea, în măsură din ce în ce mai mare, a beneficiarilor interni, produsele electrotehnice au făcut și obiectul unor livrări externe, obținîndu-se bune aprecieri din partea beneficiarilor. Acest export a crescut an de an. Notînd cu 100 volumul livrărilor externe din anul 1959, exportul realizat în 1960 este reprezentat prin 165, în 1961 prin 322, iar cel planificat în 1962 prin 434. Dintre produsele exportate menționăm transformatoarele de putere, motoarele electrice etc. Livrările în exterior ale transformatoarelor au crescut în 1961 de 2,31 ori în comparație cu anul 1959, iar la motoare electrice, tot în acest interval creșterea a fost de 2,72 ori.

Nivelul tehnic al producției

O preocupare de seamă o constituie realizarea și extinderea seriilor unitare de produse. Bazate pe o normalizare cît mai judicioasă a parametrilor principali, seriile unitare se realizează cu subansamble tipizate, ceea ce influențează în mod favorabil asupra creșterii productivității muncii, atît în sectoarele de concepție cît și în atelierele de producție, precum și asupra calității produselor.

Astfel, menționăm punerea în fabricație a noilor serii de motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit de la 0,8 la 100 kW. Dimensiunile de gabarit ale acestor motoare sînt stabilite conform recomandărilor CEI. În comparație

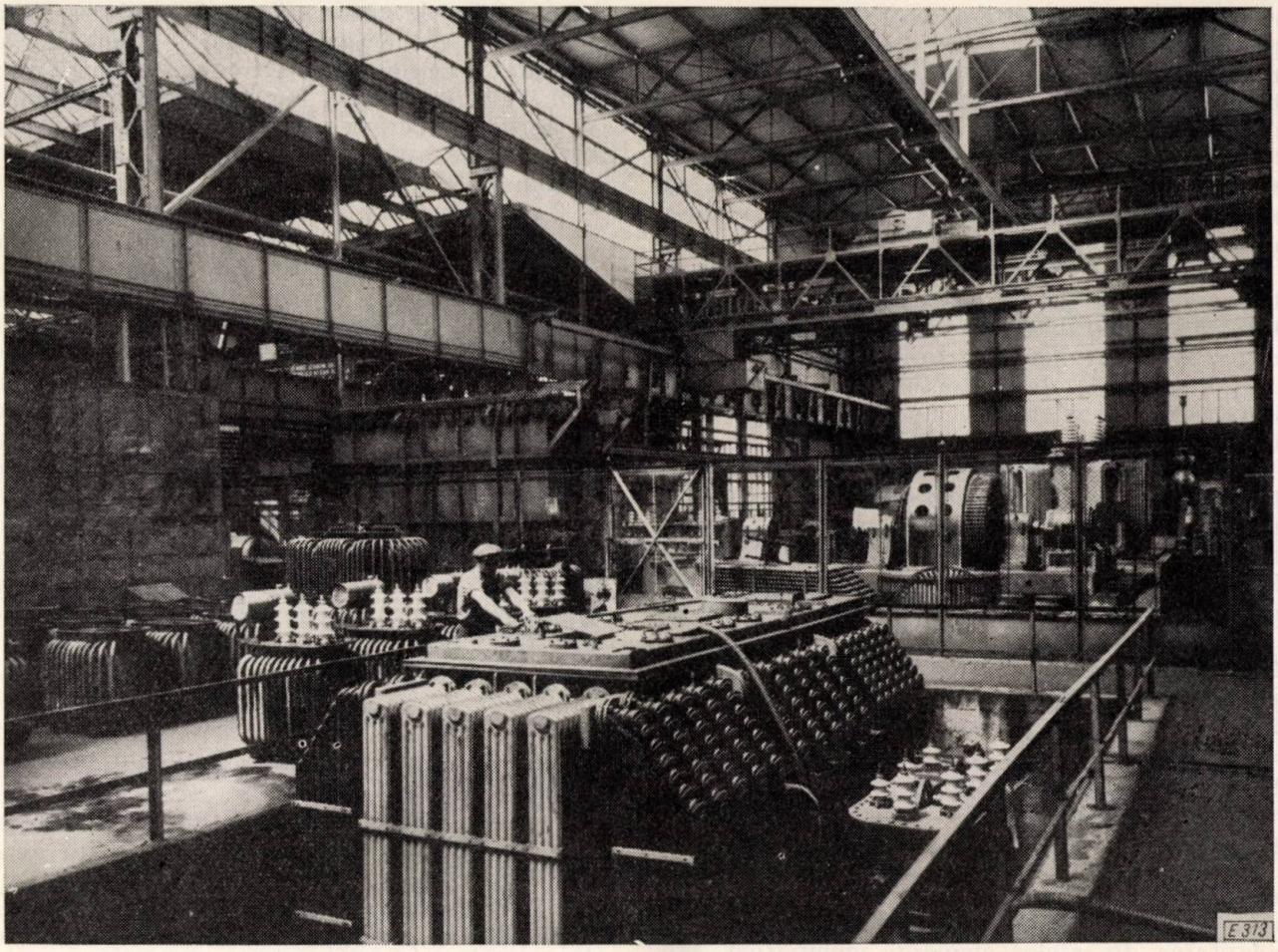


Fig. 2. Fabrica de transformatoare a uzinelor „Electroputere" — Craiova.
Fig. 2. La fabrique de Transformateurs des Usines „Electroputere" — Craiova.

cu motoarele fabricate anterior, motoarele actuale au dimensiunile și greutățile specifice reduse în mod substanțial și parametrii energetici îmbunătățiți. Reducerile de greutăți specifice și de gabarit sînt de ordinul 10—30%. Noua serie de motoare se încadrează în mod satisfăcător printre seriile cele mai recent realizate în lume. De exemplu, la motorul de 7,5 kW—1 500 rot/min indicele de greutate specifică este de 10,4 kg/kW, iar la motorul de 40 kW—750 rot/min acest indice este de 17 kg/kW.

Seria unitară cu rotorul bobinat, corespunzătoare celor indicate mai sus, se află în curs de dezvoltare.

În ceea ce privește motoarele mai mari, trebuie să menționăm seria unitară de motoare asincrone de la 100 la 1 000 kW, care se asimilează în două tipuri de protecție : P33 și P22/21, destinate utilizărilor curente și în locurile cu densitate mare de praf. Seria cuprinde gama de puteri normalizate, cu rația 1,25 la tensiunile 380, 500 și 6 000 V și la turațiile de 500, 600, 750, 1 000 și 1 500 rot/min. Concepută cu un grad ridicat de tipizare, întreaga gamă de tipuri și variante (88 tipo-variante) se încadrează în numai 4 diametre de tole, realizîndu-se o serie modernă cu performanțe ridicate, greutăți și gabarite reduse. În comparație cu construcțiile anterioare, greutatea scade cu circa 20%. Avînd indicii medii de greutate specifică de la 8 la 10 kg/kW motoarele sînt superioare unor produse similare străine.

Reducerea greutății, în special a consumului de materiale active, ca și gradul înalt de tipizare au un efect economic important.

În domeniul transformatoarelor de putere menționăm punerea în fabricație a noii serii unitare pînă la 1 600 kVA, cu scara de puteri conform recomandărilor CEI. S-a realizat o serie economică, obținîndu-se o soluție judicioasă între tendințele de scădere a pierderilor de energie în exploatare și consumurile specifice de materiale (fig. 2).

În comparație cu vechile construcții, se obține prin reducerea nivelului de pierderi o economie specifică de 2,1 W/kVA. La consumul specific de tablă silicioasă reducerea este de 0,13 kg/kVA, iar la uleiul de transformator de 0,15 kg/kVA.

Avîndu-se în vedere tendința generală în economia energetică de a se folosi cu precădere

condensatoare de putere, față de alte metode pentru compensarea factorului de putere, s-a realizat o serie unitară de astfel de condensatoare. Tensiunilor de 380, 500, 1 000 și 6 000 V le corespunde puterea unitară de 15 kVA. Circa 80% din repere sînt comune întregii serii. Greutatea specifică de 2,5 kg/kVA arată că seria corespunde realizărilor bune din categoria condensatoarelor cu ulei.

În domeniul aparatajului de înaltă și joasă tensiune de uz industrial remarcăm seriile unitare de separatoare tropicalizate (fig. 3) și contactoare în aer de curent alternativ (tip AC_3, după CEI), de contactoare în aer cu relee, limitatoare cu microîntreruptoare, butoane de comandă pentru automatizări etc.

Seria de contactoare în aer (AC_3) cuprinde treptele de 25, 63, 100, 200 și 400 A. Construcțiile moderne și robuste se bazează pe aceeași soluție constructivă, la care, în locul plăcii de bază, elementele sînt montate pe o bară unică, cu polii complet independenți etc.

Contactoarele cu role, servind pentru protecția și comanda motoarelor, sînt executate pentru curenți nominali de 25, 63, 100 și 200 A. Ele sînt realizate pe baza contactoarelor din seria unitară de mai sus, la care s-a adăugat, pe fiecare pol, un releu termic și electromagnetic. Releele sînt realizate cu repere comune în proporție de circa 80%.

Seria de limitatoare cu microîntreruptoare, necesare în schemele de automatizare, se realizează pe baza aceluiași microîntreruptor. Prin adaptarea diverselor elemente cinematice, sau prin gruparea lor, se obține un număr de circa 21 variante constructive diferite.

Seria nouă de butoane de comandă, pentru acționări și automatizări, avînd aceeași dimensiune de montaj pe panou și același sistem de contacte, se realizează în variantele multiple solicitate.

Este în curs de asimilare o serie unitară de amplificatoare magnetice de putere din cadrul elementelor de automatizare. Ținîndu-se seamă de tendințele actuale în acest domeniu, s-a elaborat o serie cu puteri cuprinse între 10 și 100 kVA (în montaj monofazat). Se apreciază că se va acoperi cea mai mare parte a necesităților care apar în instalațiile de acționări și automatizări. Seria cuprinde 13 tipuri în aer și 3 tipuri în ulei, fiecare tip fiind pentru 2 sau 3 tensiuni standardizate, însumînd un număr de 36 variante. Tipizarea este extinsă la toate subansamblurile și reperele care intră în componența unui amplificator. Datorită performanțelor sale ridicate, raportul volum/putere (aproximativ proporțional cu prețul specific), raportul dintre curentul nominal și curentul minim de lucru comandat, factorul de amplificare (între 10 000 și 60 000 W/W, în funcție de puterea absorbită) etc., la seria de amplificatoare este la nivelul realizărilor moderne în acest domeniu.

Realizarea de mașini, aparate și instalații electrice cu indici tehnico-economici superiori a impus un ritm intens producției materialelor electrotehnice.

Sortimentul de conductoare izolate a fost mult sporit, utilizîndu-se materialele electroizolante moderne. De asemenea , a crescut sortimentul de cabluri. În acest domeniu subliniem următoarele realizări :

— conductoare izolate cu emailuri sintetice avînd proprietăți mecanice ridicate, de clasă de izolație E și B, cu secțiuni circulare și profilate, cu emailuri poliuretanice, poliamidice și tereftalice ; introducerea acestor tipuri de conductoare a permis realizarea seriilor unitare de mașini electrice amintite mai sus ;

— conductoare izolate cu fire de sticlă, pentru mașini electrice speciale (de tracțiune, navale, pentru linii de ciment etc.) ;

— conductoare și cabluri de forță cu izolație din materiale plastice (clorură de polivinil, polietilenă etc.) ;

— cabluri de forță cu vînă sectorizată, prin care s-au adus importante economii de plumb și materiale electroizolante.

Dintre materialele electroizolante citățm :

— noi sortimente de lacuri de impregnare de clasă E și B, cu bune proprietăți electrice, mecanice și tehnologice ;

— materiale stratificate de clasă B, F și H, pe bază de țesături de sticlă și rășini sintetice (epoxidice, melaminice, siliconice) ;

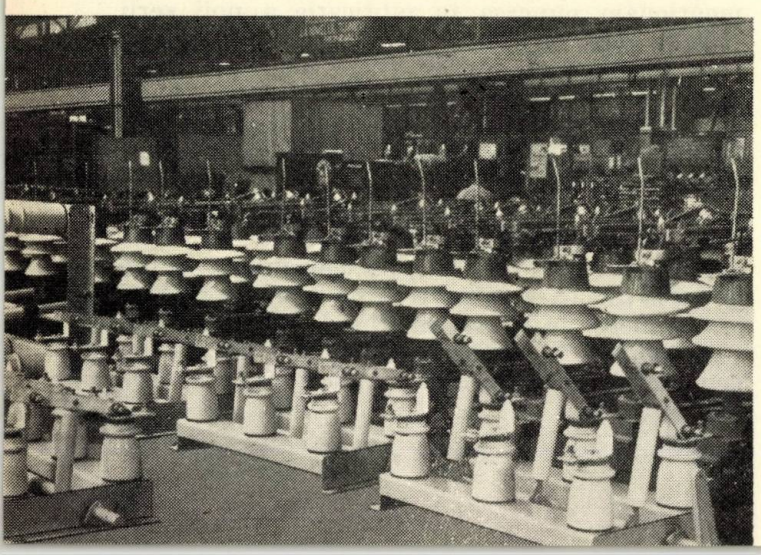
— sortimente noi de produse pe bază de mică, de calități superioare (micafoliu de 0,1 și 0,2 mm, micanită de colector, micanită de formare etc.).

Au crescut producția și sortimentul de izolatoare ceramice. Utilizîndu-se în mod exclusiv materii prime din țară, se produce un larg sortiment de izolatoare ceramice pentru toate tensiunile pînă la 110 kV inclusiv.

În plină dezvoltare este producția de condensatoare și rezistențe cu suport ceramic, pentru radioreceptoare și televizoare.

Fig. 3. Tipuri de separatoare de construcție TH (tropicalizată) — uzinele „Electroputere" — Craiova.

Fig. 3. Types de sectionneurs de construction TH (conditions tropicales) Les usines „Electroputere" — Craiova.



O menționare deosebită trebuie să facem pentru dezvoltarea producției de magneți permanenți și de materiale magnetice noi.

Se produc în serie mare magneți permanenți din ferită de bariu, izotropi cu energie de 0,6—0,8 10^6 Gs.Oe.

Se produc în mod curent miezuri din ferite de mangan-zinc și nichel-zinc.

Industria electrotehnică contribuie efectiv la dezvoltarea transporturilor urbane prin realizarea de tramvaie și echipamente electrice pentru troleibuze.

Troleibuzele „Tudor Vladimirescu" sînt dotate cu echipament modern și robust. Astfel, motorul de tracțiune cu greutate specifică de 8,05 kg/kW are întrefier neuniform asigurînd bune posibilități de preluare a suprasarcinilor și funcționare economică într-o gamă foarte largă de turații.

Rolul cercetărilor tehnico-științifice și al cadrelor

Pentru obținerea acestor rezultate, într-un timp atît de scurt, o dată cu dezvoltarea bazei tehnico-materiale, s-a acordat și se acordă, în continuare, o atenție deosebită dezvoltării muncii de cercetare și de concepție constructivă și tehnologică.

Activitatea de cercetare se desfășoară pe trei niveluri : în cadrul Institutelor Academiei R.P.R., în institutele departamentale și în laboratoarele uzinale. Este de subliniat colaborarea dintre industria electrotehnică și institutele Academiei R.P.R. : Institutul de energetică, Institutul de mecanică aplicată, Institutul de fizică, Institutul de fizică atomică și Centrul de cercetări tehnice din Timișoara.

Cercetarea în domeniul electrotehnic este coordonată pe plan departamental de Institutul de cercetări electrotehnice (ICET). Trecînd peste greutățile inerente începutului, ICET a devenit un factor important în promovarea tehnicii noi în industria electrotehnică. În cele trei sectoare de bază ale Institutului, curenți tari, curenți slabi și materiale electrotehnice, au fost elaborate studii și cercetări, care au contribuit mult la asimilarea de produse noi, introducerea de procedee tehnologice noi, perfecționarea metodelor de încercare și control etc.

După specificul fiecărei probleme, se stabilește faza în care lucrarea se transmite la uzinele producătoare. În unele cazuri, institutul realizează prototipurile experimentale sau stația-pilot, în altele, se transmite lucrarea într-o fază anterioară, pentru a fi continuată în uzină. În orice caz, cercetătorii institutului colaborează cu uzina pe întregul parcurs al lucrării, pînă la aplicarea ei în producție.

Institutul de cercetări electrotehnice a adus o contribuție importantă în elaborarea seriilor noi de motoare, transformatoare, condensatoare de putere, amplificatoare magnetice, descărcătoare cu rezistență variabilă, în domeniul tehnologiei materialelor electroizolante, a pieselor de ferite, în elaborarea de aparatură de telecomandă și automatizare etc.

În întreprinderi, în paralel cu creșterea serviciilor de concepție, se dezvoltă laboratoarele și platformele de încercări uzinale, menite să ofere inginerilor proiectanți mijloacele necesare adîncirii studiilor și verificării rezultatelor. Ritmul rapid de dezvoltare a acestor centre de cercetări și verificări uzinale poate fi ilustrat prin faptul că numărul de ingineri care lucrează în laboratoarele și platformele de încercări uzinale a fost în 1960 de 3,5 ori mai mare decît în 1955. Dotarea cu aparatură și utilaje permite efectuarea unor verificări și experimentări corespunzătoare. Menționăm laboratoarele și platformele de încercare pentru mașini electrice rotative (fig. 4) și laboratorul de înaltă tensiune (500 kV la 50 Hz și 750 kV la impuls) de la uzinele „Electroputere"-Craiova, laboratorul de aparataj de joasă tensiune al întreprinderii „Electroaparataj"-București, etc.

Atribuind o importanță deosebită muncii de cercetare, în perioada 1962—1965 este prevăzută dezvoltarea continuă a bazei tehnico-materiale a laboratoarelor.

Mergînd pe linia dezvoltării rapide a activității de cercetare proprie, se atribuie o deosebită importanță colaborării tehnice internaționale. Colaborarea cu U.R.S.S. și cu celelalte țări socialiste a fost și este de un deosebit folos industriei noastre electrotehnice. An de an crește numărul țărilor din întreaga lume cu care R.P.R. întreține și dezvoltă schimburi tehnico-științifice.

Pregătirea de cadre calificate de toate gradele, condiție esențială în dezvoltarea industriei, s-a aflat și se află în permanență în centrul atenției statului nostru. În anul 1960, numărul de ingineri în economia națională a fost de 59 000, față de 9 000, cîți erau în anul 1938, iar numărul cadrelor de specialitate cu pregătire medie depășea cifra de 220 000. Lărgirea cunoștințelor profesionale, însușirea tehnicii moderne constituie o preocupare permanentă a cadrelor noastre, care primesc un sprijin prețios în această direcție prin cursuri de specializare și de ridicare a calificării, organizate de institutele de învățămînt, de Asociația științifică a inginerilor și tehnicienilor din R.P.R. și de întreprinderile producătoare.

În perioada 1960—1965 economia națională va primi peste 100 000 de noi cadre tehnice medii. Numărul total al inginerilor va ajunge la circa 80 000. În cadrul învățămîntului superior se vor dezvolta îndeosebi institutele legate de extinderea tehnicii moderne. Va fi dezvoltat

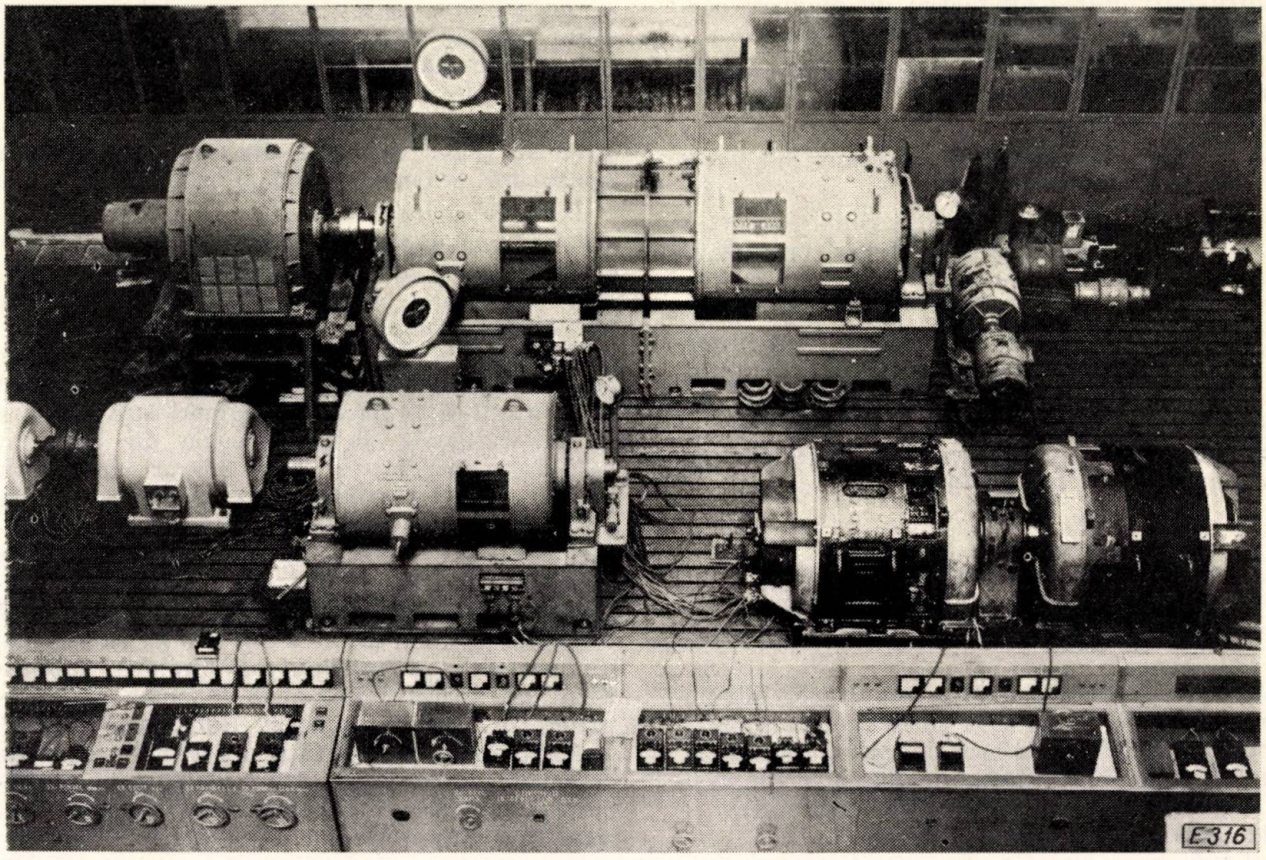


Fig. 4. Platformă pentru încercarea mașinilor electrice rotative asincrone — uzine'e „Electroputere" — Craiova.
Fig. 4. Plate-forme d'essais pour les machines électriques rotatives asynchrones des Usines „Electroputere" — Craiova.

și perfecționat în continuare învățămîntul superior precum și învățămîntul profesional și tehnic.

Realizările industriei noastre electrotehnice, sprijinul masiv acordat de către stat pentru dezvoltarea acestei importante ramuri industriale, precum și elanul creator al cadrelor de muncitori, tehnicieni și ingineri sînt chezășia îndeplinirii cu succes a importantelor sarcini prevăzute în cadrul planului de șase ani și în schița planului economic de perspectivă pe 15 ani. Chiar o analiză sumară a cifrelor de dinamică a volumului de producție arată atenția deosebită ce se dă dezvoltării industriei electrotehnice. Astfel, în timp ce creșterea producției globale pe total industrie constructoare de mașini are indicele 2,1 (1965 raportat la 1959), creșterea corespunzătoare în industria electrotehnică are indicele 2,5. Această dezvoltare cu precădere este justificată de aportul pe care industria electrotehnică trebuie să-l asigure tuturor celorlalte ramuri și în special construcției de mașini, utilaje și agregate și industriei energetice.

Creșterea rapidă a producției și lărgirea sortimentelor sînt strîns legate de ridicarea continuă a nivelului tehnic al producției, prin introducerea pe scară tot mai largă în munca de concepție și de producție a cuceririlor celor mai noi ale tehnicii și științei mondiale.

Dezvoltînd cantitativ și calitativ producția de mașini și aparataj electric, se pune de asemenea un accent deosebit pe creșterea în ritm accelerat a industriei radiotehnice, atît în ceea ce privește producția de aparate de radiorecepție cît și de piese de radio precum și pe dezvoltarea sectorului de producție și montaj al instalațiilor de automatizare.

Sarcinile importante trasate de Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn pentru industria electrotehnică stimulează activitatea creatoare a colectivelor de muncitori, ingineri și tehnicieni în eforturile lor de a mînui din ce în ce mai bine tehnica, de a livra produse din ce în ce mai numeroase, de calitate tot mai ridicată, mai bune și mai ieftine, conștienți că prin aceasta contribuie activ la desăvîrșirea construcției socialiste în țara noastră.

RÉSUMÉ

Progrès de l'industrie électrotechnique dans la République Populaire Roumaine

Dans le domaine de la construction de machines, l'industrie électrotechnique roumaine occupe une place de premier plan, caractérisée par le taux d'accroissement de la production, dépassant la moyenne par domaine, ainsi que la moyenne de toute l'industrie. On accorde une attention spéciale aux préoccupations concernant la normalisation et l'établissement de types ; en ce sens, on accorde une haute estime aux organisations internationales qui contribuent, par leurs recommandations, au développement de l'industrie électrotechnique. La XXVII-ème Réunion de la Commission Electrotechnique Internationale à Bucarest apportera, certainement, une grande contribution en vivifiant l'échange d'expérience entre les spécialistes roumains et étrangers et en aidant à la connaissance, des progrès réalisés par notre industrie dans le domaine de la construction de machines.

Un examen des chiffres inclus dans le présent travail offre la possibilité d'apprécier les réalisations de l'industrie électrotechnique roumaine. Ces chiffres indiquent en effet l'acroissement de la production par rapport aux années de 1938 et 1955 et constituent une illustration du changement structural qui a eu lieu chez nous dans le développement de l'électrotechnique.

Simultanément avec l'augmentation de la production, des efforts considérables sont fait en vue d'élever la qualité des produits roumains au niveau des produits fabriqués dans les grands pays industriels. Dans cet ordre d'idées, l'élaboration des projets et la réalisation de séries unitaires de produits électrotechniques avec de sous-ensembles-type contribuent à l'augmentation de la productivité du travail en ce qui concerne aussi bien la conception que la réalisation. On mentionne les séries unitaires de moteurs asynchrones, de transformateurs de distribution, de contacteurs à basse tension, ainsi que de divers autres appareils et outillages.

Dans le domaine des matériaux électrotechniques, on a obtenu de beaux succès dus à l'introduction de matériaux modernes et au perfectionnement de la technologie de la fabrication.

L'industrie électrotechnique apporte une importante contribution au développement des transports, par la réalisation des équipements électriques pour les tramways, les trolleybus et les locomotives.

On commence la fabrication des éléments d'automatisation dans le domaine de l'électrotechnique.

On accorde une grande importance aux recherches techniques et scientifiques en développant largement les instituts de recherches et les laboratoires d'usine. En outre, on poursuit de près l'entraînement de nouveaux spécialistes qualifiés à tous les degrés, afin de pouvoir assurer le développement rapide de l'industrie électrotechnique à l'avenir.

CZ. 621.311.1 (498) (09)

Dezvoltarea industriei energetice în R.P.R.

Conf. ing. Nicolae Gheorghiu

Adjunct al Ministru'ui M nelor şi Energiei Electrice

Industrializarea socialistă a ţării constituie veriga principală a politicii economice a statului nostru democrat-popular în perioada de construire a socialismului, şi ea a fost indicată de partid imediat după instaurarea puterii populare. Încă la Conferinţa naţională din toamna anului 1945, partidul nostru, indicînd căile refacerii economiei distruse de război, a trasat linia generală a dezvoltării economice a Romîniei, linia industrializării şi electrificării ţării.

Concretizarea acestei linii a politicii economice în domeniul energiei electrice a început prin planul de electrificare aprobat de Plenara Comitetului Central al P.M.R. din 26 octombrie 1950.

Analiza succeselor obţinute în opera de electrificare a ţării şi măreţele perspective de dezvoltare a industriei energiei electrice nu pot fi complete fără o privire în trecut, fără o imagine a dezastruoasei moşteniri pe care a preluat-o clasa muncitoare în 1944 şi fără o cercetare asupra cauzelor rămînerii în urmă a electrificării în Romînia capitalistă.

Iluminatul electric apare pentru prima oară în ţara noastră în anul 1882 cînd prin mici centrale electrice izolate se ilumineză actualul Palat al Republicii, Parcul Cotroceni şi piaţa din faţa Teatrului Naţional.

Tot în acelaşi an a fost pusă în funcţiune o centrală care alimenta Gara de Nord şi clădirile ocupate de Direcţia C.F.R. În anul 1882 s-a încheiat contractul pentru iluminatul cu electricitate al străzilor din oraşul Timişoara; primele instalaţii de acolo au fost puse în funcţiune la 1 noiembrie 1884.

Politica energetică în Romînia începe să se contureze mai precis însă abia după primul război mondial, cînd industria ţării trece printr-o perioadă de dezvoltare mai accentuată. În această perioadă apar pentru prima dată legi pentru reglementarea problemelor energetice, legi care reflectă interesele partidelor burghezo-moşiereşti şi ale capitalului străin.

Prima lege a energiei apărută în ţară a fost aceea din 1 iulie 1924. Această lege oglindeşte interesele clasei exploatatoare şi prevede ca societăţile de electricitate să aibă cel puţin 60% capital romînesc. De fapt, însă, concesiunile, deşi erau legalmente acordate unor societăţi romîneşti, ajungeau pînă la urmă tot în mîna străinilor cu care societăţile autohtone încheiau contracte de locaţiune. În felul acesta consumatorul era exploatat de 2 ori, el trebuind să suporte atît profiturile concesionarului „naţional" cît şi pe cele ale întreprinderii străine.

Legea din 1924 a fost înlocuită cu o altă lege în 1930. Prin această lege se deschideau larg porţile sectorului energetic afluxului de capital străin, economia ţării fiind şi mai mult aservită capitaliştilor de peste hotare.

Legile elaborate de regimul burghezo-moşieresc urmăreau să creeze noi surse de profituri pentru clasele exploatatoare fără a ţine seama de interesele economiei naţionale. De aceea, dezvoltarea instalaţiilor pentru producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice din Romînia a avut loc, pînă la instaurarea regimului de democraţie populară, pe linia realizării de centrale şi reţele electrice izolate, determinate de nevoile centrelor populate sau ale industriilor mai importante. În felul acesta instalaţiile s-au executat necoordonat, pentru a face faţă unor nevoi disparate şi imediate fără a avea la bază un program de dezvoltare legat de necesităţile generale ale

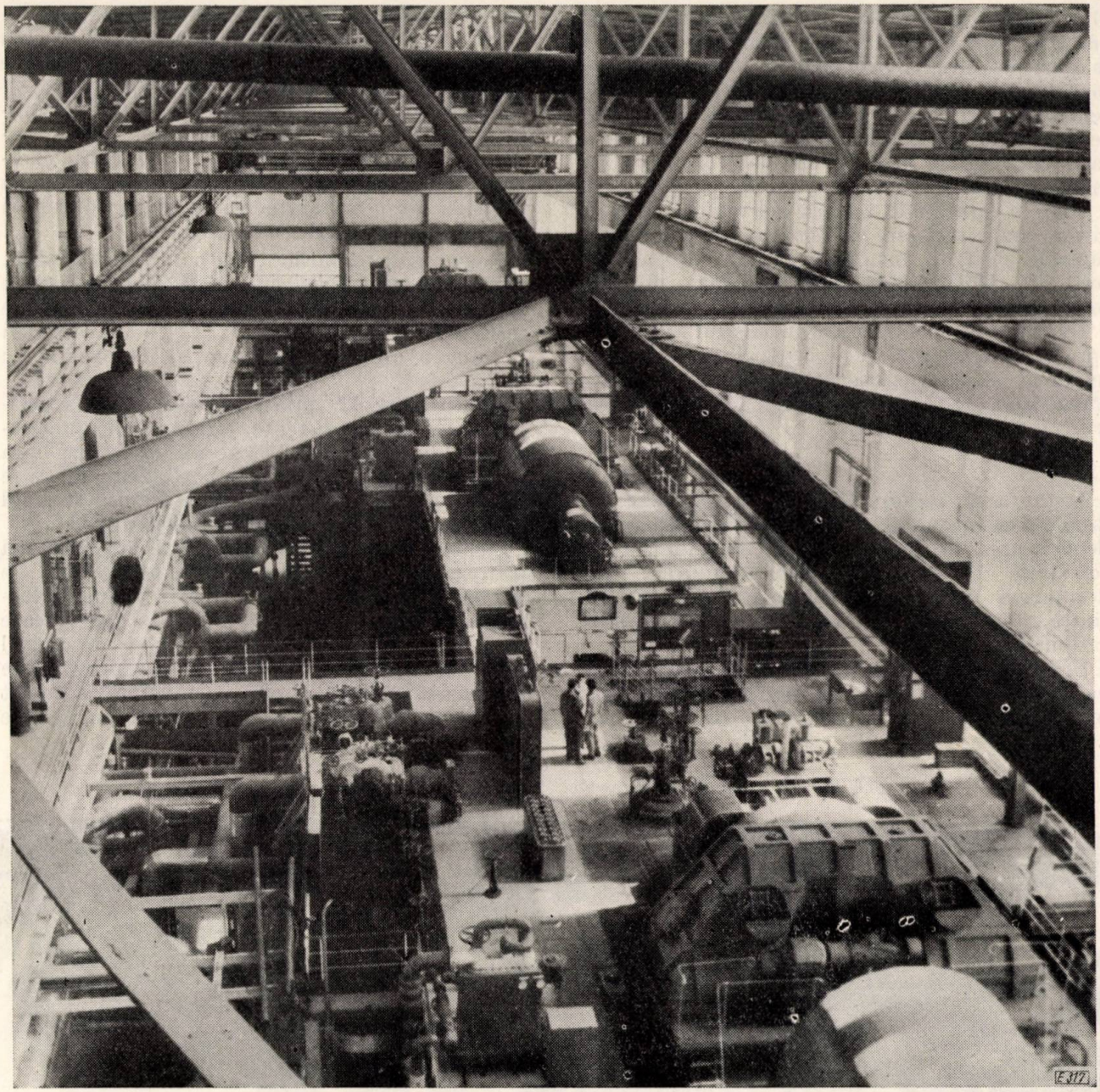


Fig. 1. CTE Paroşeni — sala maşinilor. Fig.1. CTE Paroşeni — salle des machines.

economiei naţionale. În acest fel se explică rămînerea în urmă a Romîniei capitaliste faţă de alte ţări cu care ne puteam compara pe atunci.

Situaţia instalaţiilor electrice preluate la naţionalizarea din 1948 de la capitalişti era din cele mai grele. Astfel unităţile existente aveau puteri unitare mici, erau uzate, funcţionau la parametri scăzuţi şi foloseau combustibili superiori, îndeosebi păcură, gaze şi motorină.

Puterea totală instalată era de 730 MW din care numai 600 MW putere disponibilă din cauza strangulărilor şi uzurii instalaţiilor. Cei 730 MW erau fărîmiţaţi în 603 centrale electrice cu o putere medie de 1 230 kW, iar puterea medie a grupurilor electrogene era de cca. 520 kW.

Consumul specific mediu de combustibil pe centralele termoelectrice cu turbine cu abur era de cca. 850 g combustibil convenţional pe kWh ceea ce depăşea cu peste 2 ori indicii pentru centralele termoelectrice moderne.

Reţelele electrice existente pînă în anul 1950 erau puţin dezvoltate şi concentrate numai în anumite zone. Astfel, exista numai o singură linie de 110 kV, în funcţiune, cu o lungime de 127 km, care lega hidrocentrala Dobreşti cu zona petroliferă din Muntenia şi cu centrala

Grozăveşti. Liniile de 60 kV, în lungime de 484 km, erau răspîndite în cea mai mare parte în zona petroliferă, iar liniile de medie tensiune (6—30) în lungime de cca. 3 176 km erau concentrate în regiunea petroliferă din Muntenia, centrul Ardealului etc. Cea mai mare parte a ţării era lipsită în 1950 de linii electrice de înaltă şi medie tensiune.

Pînă în anul 1950 au fost interconectate sub forma unor sectoare „izolate" mai importante centrale electrice însumînd o putere totală de cca. 240 MW, adică cca. 32% din puterea totală instalată.

Distribuirea electricităţii în mediul rural era aproape inexistentă în perioada de dinainte de cel de-al II-lea război mondial; din cele cca. 15 000 sate ale ţării pînă în anul 1945 s-au electrificat numai 483 sate.

*

Instaurarea regimului democrat-popular în Romînia a însemnat o cotitură hotărîtoare în electrificarea ţării. Conferinţa naţională din noiembrie 1945 a Partidului Comunist din Romînia a indicat electrificarea ţării ca unul dintre obiectivele principale de importanţă naţională.

Urmînd consecvent politica de industrializare s-a întocmit din iniţiativa partidului un plan de măsuri tehnico-organizatorice, menit să îmbunătăţească activitatea de exploatare a sectorului energetic şi să pregătească electrificarea în ritm rapid a ţării. Măsurile luate au fost de mare importanţă şi printre ele se pot cita : înfiinţarea primelor organizaţii de studii şi proiectări energetice, organizarea unor întreprinderi specializate în construcţii şi montaje energetice, creşterea masivă a cadrelor, organizarea pe baze noi a întreprinderilor de producere şi distribuire a energiei electrice etc.

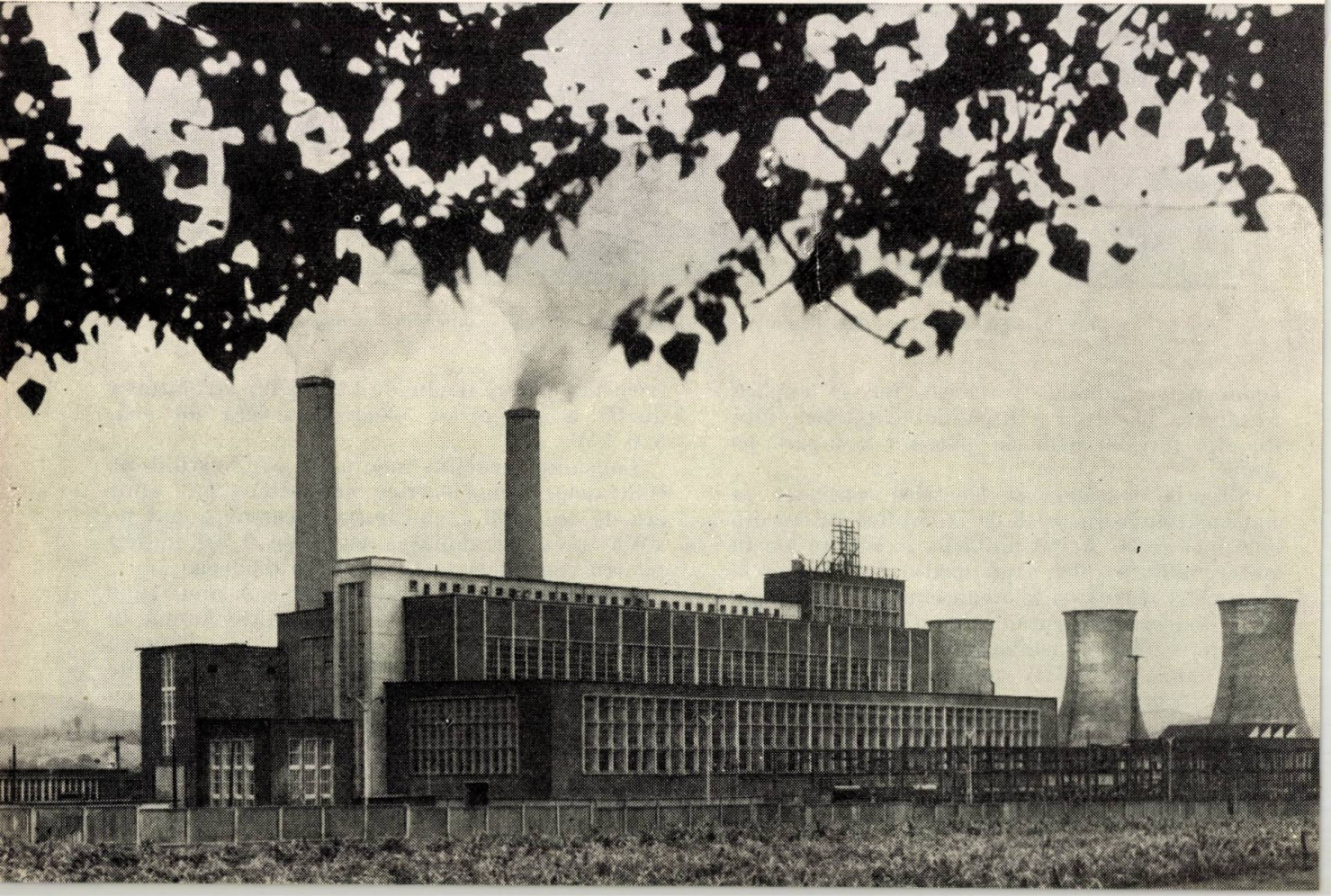
Rezultatele măsurilor luate s-au văzut imediat. Astfel, în anul 1950, cu practic aceeaşi putere instalată ca şi în anul 1948 (creşterea de putere instalată a fost de numai 1,5%—10 MW) s-a obţinut o creştere a producţiei de energie cu 41%.

Cu toate aceste prime succese, situaţia puţinelor instalaţii existente, agravată de funcţionarea lor fără nici o rezervă ca şi de lipsa pieselor de schimb şi de imposibilitatea de a se fabrica aceste piese în ţară, a condus în anul 1950 la o funcţionare în condiţii grele.

Pentru remedierea acestei stări, electrificarea ţării a devenit, pe baza indicaţiilor date de partid, o preocupare principală în cadrul industrializării ţării. Primul plan de electrificare al R.P.R., care după cum a spus tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej, „poate fi considerat parte integrantă a programului partidului", a trasat liniile directoare ale politicii noastre energetice

Fig. 2. CTE Doiceşti — vedere de ansamblu.

Fig. 2. CTE Doiceşti — Vue d'ensemble.



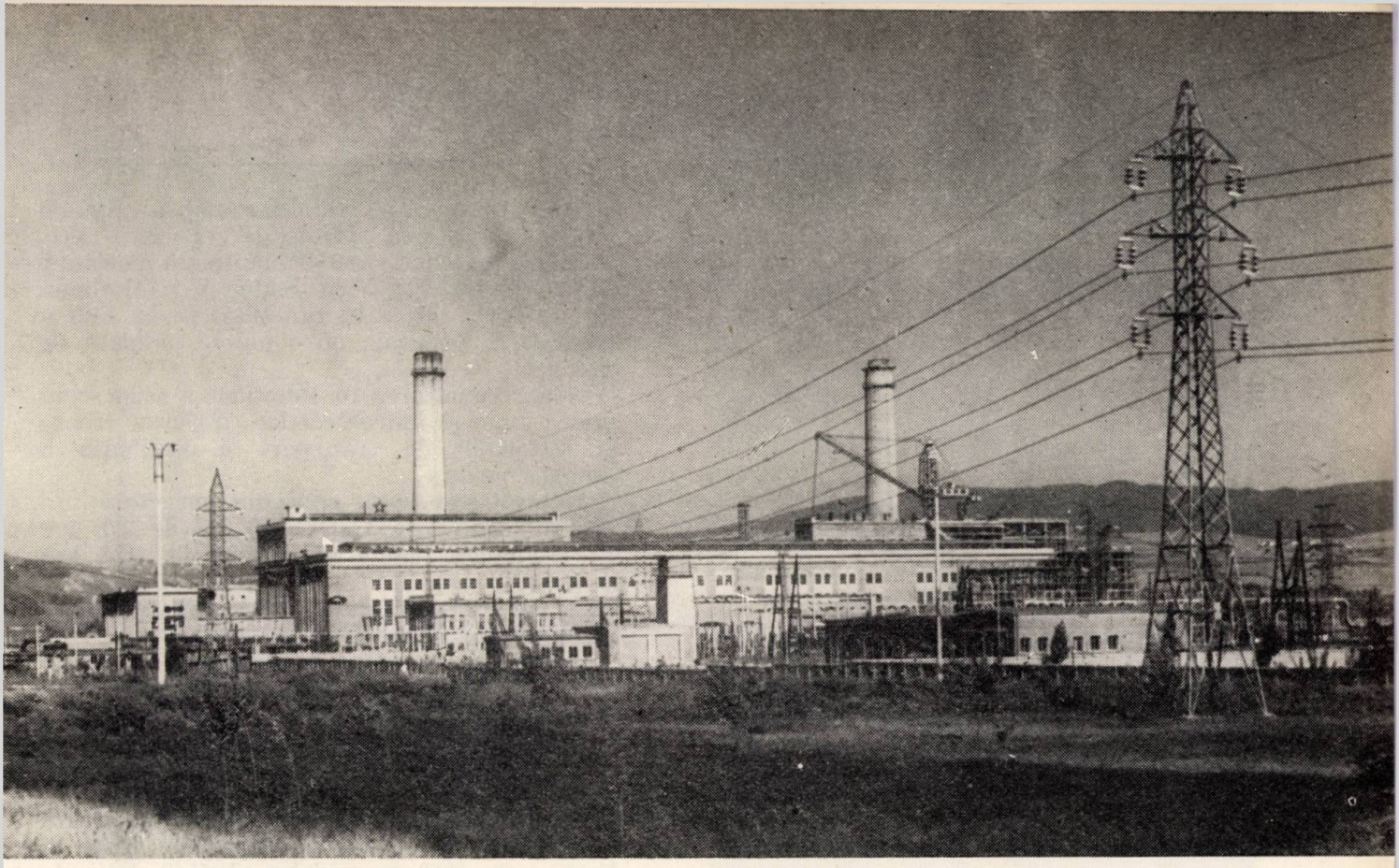


Fig. 3. CTE Borzeşti — faţada sălii de maşini. Fig. 3. CTE Borzeşti — Façade de la salle des machines.

şi a fixat principalele obiective care s-au realizat în prima etapă de 10 ani (1951—1960).

În raportul prezentat în cadrul Plenarei C.C. al P.M.R. din 26 octombrie 1950 tovarăşul Gh. Gheorghiu-Dej a definit astfel principalele obiective ale planului de electrificare:

1. Asigurarea alimentării cu energie electrică, ţinînd seama de creşterea producţiei industriilor existente şi de industriile noi ce se vor înfiinţa.

2. Valorificarea raţională a resurselor energetice folosind combustibil inferior (ligniţi, turbă, deşeuri de cărbuni şi în general orice combustibil ce nu putea fi utilizat mai bine în alt domeniu); economisirea combustibililor lichizi (superiori) şi gazoşi, precum şi a cărbunelui brun, pentru utilizări mai raţionale, ca materie primă pentru industria chimică, transporturi, încălzit etc.

3. Amenajări hidroenergetice în scopul folosirii complexe a cursurilor de apă pentru irigare, prevenirea inundaţiilor, asanări, recuperări de terenuri inundabile etc.

4. Electrificarea treptată a căilor ferate, precum şi a transporturilor în comun în centrele orăşeneşti ceea ce va aduce o economie considerabilă a transporturilor de combustibil şi a consumului de combustibil superior.

5. Electrificarea principalelor munci agricole şi pătrunderea electricităţii la sate, pentru ridicarea nivelului tehnic al agriculturii şi creşterea productivităţii în agricultură.

6. Ridicarea nivelului cultural şi a bunăstării poporului prin folosirea energiei electrice în uzul casnic, dispensare, cămine culturale, precum şi instalarea de cinematografe şi staţii de radioficare la sate.

7. Prin crearea noilor baze energetice şi folosirea multilaterală a apelor se vor dezvolta rapid regiunile pe care regimul burghezo-moşieresc le lăsase în înapoiere.

Principiile tehnice care trebuie să stea la baza dezvoltării energetice au fost fixate o dată cu aprobarea planului de electrificare. Ele sînt în linii mari următoarele:

1. Concentrarea producerii de energie electrică în centrale mari cu grupuri de putere mare, cu parametri ridicaţi ai aburului.

2. Interconectarea centralelor electrice şi a consumatorilor importanţi, ceea ce va duce la mărirea gradului de siguranţă în alimentarea consumatorilor şi la realizarea unor indici tehnico-economici superiori.

3. Crearea unor baze proprii industriale pentru producerea echipamentului electric şi a aparaturii respective.

4. Pregătirea cadrelor de muncitori, tehnicieni şi ingineri pentru realizarea obiectivelor planului de electrificare.

Realizarea planului de electrificare de 10 ani a dat următoarele rezultate:

Producţia de energie electrică a crescut de la 1 130 mil. kWh în 1938, la 2 113 mil. kWh în 1950 şi la 7 650 mil. kWh în 1960. În acest fel producţia în 1960 a fost de 3,6 ori mai mare decît în 1950 şi de 6,8 ori mai mare decît în 1938. Prin această evoluţie s-a realizat o dublare a producţiei în numai 5 ani (în primul cincinal).

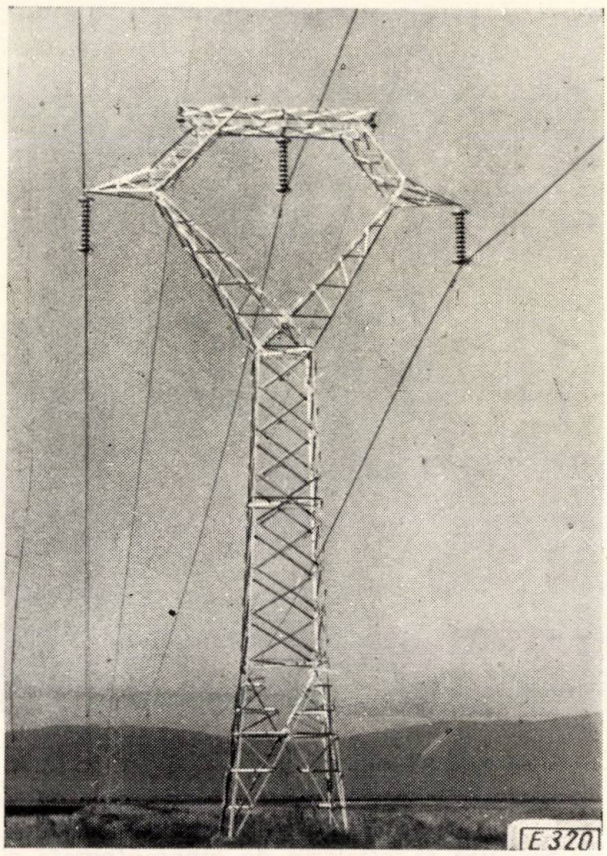


Fig. 4. Stîlp 220 kV.
Fig. 4. Poteau 220 kV.

În anul 1960 producția de energie electrică a depășit cu 10% producția de 7 miliarde kWh prevăzută în planul de electrificare pentru acel an.

Realizarea producției de energie electrică și depășirea cu 10% față de prevederile planului de electrificare au constituit un succes important ținînd seama de faptul că puterea instalată în 1960 a fost de numai 1 779 MW față de 2 600 MW prevăzută în planul de electrificare pentru obținerea aceleiași producții. Realizarea producției sporite de energie cu o putere instalată mai redusă a fost posibilă prin mărirea considerabilă a orelor de utilizare a instalațiilor, printr-o mai bună exploatare a acestora și datorită interconectării lor; în acest fel s-a făcut o reducere importantă a investițiilor.

Prin construirea unor importante centrale termoelectrice puterea instalată în R.P.R. a ajuns de la 740 MW cît era în 1950 la 1 779 MW la sfîrșitul anului 1960; se constată astfel o creștere a acesteia față de 1938 de 3,6 ori, iar în intervalul 1950—1960 de 2,4 ori.

Centralele termoelectrice noi intrate în funcțiune au puteri instalate variind între 24—150 MW, cu grupuri cu puteri unitare de 12—50 MW și cu parametrii ridicați pînă la 100 at și 510°C. Dintre ele se pot cita: centrala „Steaua Roșie" Sîngeorgiu, „Doicești", Borzești etc.

În perioada 1951—1959 au intrat în funcțiune centralele hidroelectrice Sadu V și Moroeni, iar în 1960 a intrat în funcțiune marea hidrocentrală de la Bicaz, cu o putere instalată de 210 MW.

Odată cu intrarea în funcțiune a noilor centrale termo-și hidroelectrice trebuiau create și instalațiile de transport și distribuție a energiei produse.

În acest scop, s-au construit numeroase linii electrice aeriene de 110 kV, o linie de 220 kV Bicaz-Fîntînele-Luduș în lungime de 188 km și stații de conexiuni și transformare care au legat la rețeaua națională toate centrele urbane și industriale importante ale țării.

Pentru a ne da seama de anvergura construcțiilor de instalații de transport efectuate este interesant de arătat că față de 611 km de linii electrice de 110, 60 și 35 kV, existente în 1950, erau la sfîrșitul anului 1961 în funcțiune peste 7 000 km, deci de 11,5 ori mai mult.

Importante realizări s-au obținut și în sectorul construcției stațiilor de transformare. Astfel în timp ce în 1950 nu existau decît 2 stații de 110 kV cu 30 MVA putere instalată, în 1960 erau în funcțiune 47 de asemenea stații cu o putere totală instalată de 1 915 MVA. În perioada 1955—1960 s-au pus în funcțiune în medie cîte 5 stații de 110 kV pe an.

O dată cu înmulțirea liniilor electrice și cu distribuirea lor pe tot teritoriul țării s-a creat posibilitatea înființării sistemului energetic național. Prin racordarea la acesta a centrelor Oradea, Suceava și Dobrogea în 1960, s-a realizat sistemul energetic național unic care acoperă în mod practic tot teritoriul țării.

În sectorul electrificărilor rurale și agricole s-au obținut de asemenea însemnate realizări. Astfel, față de 483 sate electrificate în 1945, s-a ajuns în 1960 la 3 373 sate, ceea ce reprezintă 21,7% din totalul satelor din R.P.R.

Toate realizările importante arătate mai sus s-au reflectat în creșterea productivității muncii și în scăderea prețului de cost al energiei produse. Astfel, pentru perioada 1950—1959, prețul de cost al energiei produse a scăzut cu 23,5%.

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. pentru planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și pentru programul economic de perspectivă subliniază că „producția de energie electrică va crește într-un ritm mai rapid decît ansamblul industriei, astfel încît să satisfacă necesitățile tuturor ramurilor economiei și să asigure introducerea și dezvoltarea tehnicii noi prin electrificarea, mecanizarea și automatizarea proceselor de producție". În 1965 producția de energie electrică va ajunge la cca. 18,5 miliarde kWh, ceea ce reprezintă un spor de 2,7 ori față de anul 1959. În felul acesta, electrificarea va merge și mai departe cu un pas înaintea industrializării, creînd condiții tot

mai prielnice pentru dezvoltarea accelerată și ridicarea nivelului tehnic al economiei naționale. În următorii ani, electrificarea întregii țări va continua într-un ritm susținut, astfel încît în 1975 producția de energie electrică să depășească de cca. 10 ori producția anului 1959, atingînd 65—70 miliarde kWh. Dacă ne întoarcem cu gîndul la anul 1938, cînd în întreaga țară producția de energie electrică abia depășea un miliard kWh, ne apare și mai limpede ce drum uriaș a parcurs poporul nostru de la înapoierea economică lăsată moștenire de clasele exploatatoare la avîntul economic de astăzi, care permite să se pună obiective atît de măreție pentru dezvoltarea viitoare a țării noastre.

Pentru a asigura creșterea vertiginoasă a producției de energie electrică, Directivele stabilesc ca în perioada 1960—1965 puterea instalată a centralelor electrice să crească cu 2 380 000 kW din care 540 000 kW prin dezvoltarea centralelor existente și 1 840 000 kW prin construirea unor centrale noi.

La orientarea construcției de centrale electrice se ține seamă în primul rînd de folosirea optimă a resurselor rezultînd din balanța energetică a țării, ca și de necesitatea folosirii celor mai potrivite resurse energetice care nu pot fi utilizate în alte ramuri industriale.

În Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. se arată că trebuie urmărită sistematic înlocuirea combustibililor superiori lichizi și solizi. Corespunzător acestei politici de valorificare superioară a combustibilului, se prevede pentru viitor utilizarea în măsură din ce în ce mai mare la producerea energiei a combustibilului solid inferior care nu poate fi valorificat mai eficace în alte ramuri industriale și reducerea consumului de combustibili lichizi și gazoși care pot fi utilizați ca materie primă în numeroase procese de producție.

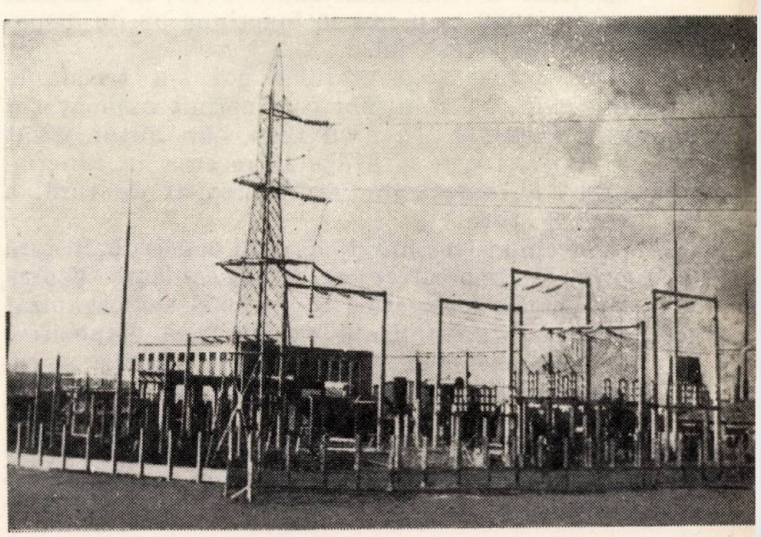
O importantă economie de combustibil în general, precum și o îmbunătățire a structurii energiei produse se vor realiza prin creșterea ponderii energiei furnizate de centralele hidroelectrice. Astfel marea hidrocentrală „V. I. Lenin" de la Bicaz, cu o putere instalată de 210 000 kW va produce cca. 450 milioane kWh pe an. În cadrul amenajării complexe a Bistriței, se construiesc în aval de Bicaz alte hidrocentrale, avînd o putere instalată totală de peste 200 000 kW. Se prevede ca în anul 1965 numai aceste unități să producă o energie de peste 700 milioane kWh.

Experiența electroenergeticienilor din țara noastră și din străinătate a demonstrat că una dintre cele mai economice soluții tehnice pentru folosirea eficientă a fondurilor de investiții și pentru obținerea de indici superiori în exploatare este introducerea în centralele electrice a unor grupuri cu puteri din ce în ce mai mari și a unor cazane cu parametrii aburului cît mai ridicați. Această linie a fost de altfel urmată la construcția tuturor termocentralelor din ultimii 10 ani. Bunăoară, în vreme ce la centralele Ovidiu și Comănești, puse în funcțiune în 1952 și 1954, parametrii aburului sînt de 32 atmosfere și 420°C la cazan, la centralele Sîngeorgiu de Pădure și Paroșeni, puse în funcțiune în 1954—1956, puterea unitară a grupurilor este mai mare de 2—4 ori, iar parametrii aburului ating 100 atmosfere și 510°C.

Continuînd această linie, Directivele celui de-al III-lea Congres al P. M. R. arată că prin concentrarea producției de energie electrică și termică, prin instalarea de agregate mari și cu caracteristici tehnice moderne, investiția pe kW instalat în termocentrale va scădea cu aproximativ 30%, obținîndu-se și o reducere a consumului specific de combustibil. În prezent, în proiectele pentru 4 noi termocentrale s-a prevăzut instalarea unor grupuri cu puteri și mai mari și cu parametrii aburului de 140 de atmosfere și 570°C. Prin utilizarea grupurilor cu aceste caracteristici, consumul anual de combustibil convențional va fi cu cca. 100 000 tone mai mic decît în cazul în care s-ar fi introdus grupuri cu parametrii aburului de 100 atmosfere și 510°C la cazan.

Pînă la intrarea în funcțiune, în anul 1952, a primelor centrale termoelectrice realizate în cadrul planului de electrificare, automatizarea în instalațiile termice era limitată în general la procesele cele mai simple. În centralele termoelectrice care au intrat în funcțiune după această dată, cum sînt termocentralele Ovidiu, Doicești, Comănești, Steaua Roșie, Paroșeni, Borzești și celelalte, au fost automatizate procesele principale în toate secțiile. La toate liniile de 110 000 V, precum și la cca. 340 linii cu tensiuni de 6 000 — 110 000 V a fost aplicată reanclanșarea automată. Aceasta a determinat reducerea avariilor pe liniile de înaltă tensiune

Fig. 5. Stația 110/35/6 kV „Tractorul" — Brașov.
Fig. 5. Station 110/35/6 kV de l'usine „Tractorul" de Brașov.



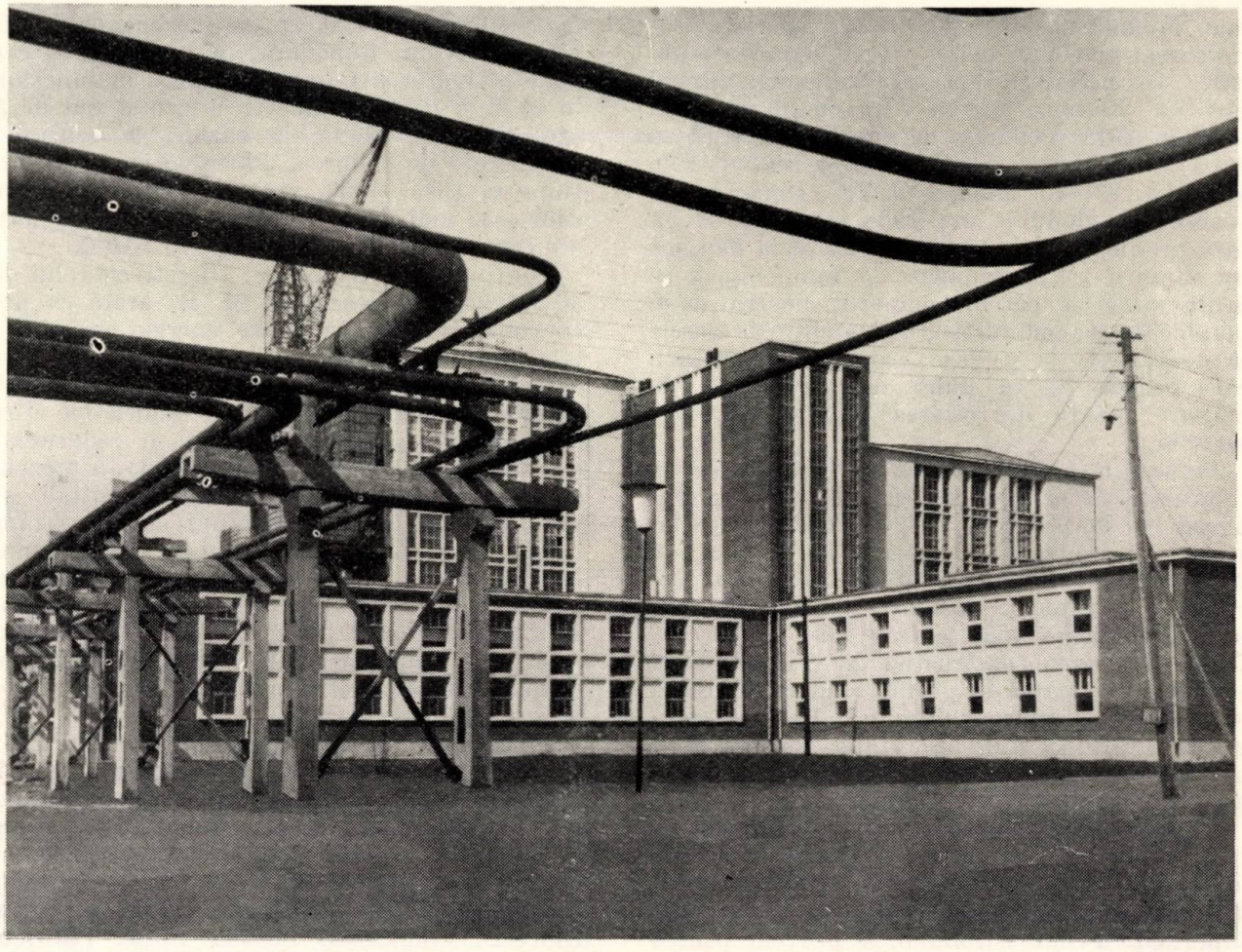


Fig. 6. CTE Brazi. Fig. 6. CTE Brazi.

și creșterea siguranței de funcționare a sistemului. În 1959, de pildă, au fost evitate peste 1 800 de avarii ca urmare a funcționării normale a acestor dispozitive. Anclanșarea automată a instalațiilor de rezervă a dus, de asemenea, la creșterea siguranței în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor. Pînă la sfîrșitul anului 1959 s-au pus în funcțiune 58 de dispozitive de acest fel.

La proiectarea stațiilor noi s-a trecut la introducerea soluțiilor care permit exploatarea fără personal. În anul 1960 s-au automatizat 4 stații și este prevăzută trecerea la funcționarea automatizată, fără personal de tură, a încă 8 stații.

Începînd cu anul 1957, s-au construit în țară primele dispozitive de telemecanizare pentru instalațiile energetice iar în 1958 s-a organizat o unitate specializată care fabrică dispozitive de telemecanică pentru supravegherea și comanda de la distanță a stațiilor. Au fost utilate cu asemenea dispozitive o serie de stații, printre care cele de la Cluj, Galați, Brașov ș.a. Pe baza experienței acumulate, s-a trecut de la tipurile de instalații cu fire multe la tipul de echipamente cu impulsuri, iar începînd din anul 1960 se fabrică și echipamente perfecționate, cu un număr redus de contacte și relee.

În perioada 1960—1965, potrivit Directivelor, automatizarea va lua o extindere largă în toate centralele electrice existente și în cele ce se vor construi. Concomitent, va spori numărul liniilor și stațiilor de transformare automatizate. La îndeplinirea acestor sarcini, un mare rol revine cercetătorilor și proiectanților din domeniul electroenergeticii, chemați să studieze perseverent cele mai noi realizări din țară și din străinătate și să adopte soluțiile de automatizare cele mai avantajoase. La rîndul ei, industria construcțiilor de mașini și electrotehnică, lărgind producția elementelor de automatizare și îmbunătățind permanent caracteristicile tehnice și economice ale acestora, va asigura utilizarea centralelor electrice la un înalt nivel tehnic.

Dezvoltarea în ritm rapid a întregii economii naționale în perioada 1960—1965, pe baza industrializării socialiste a țării, impune economisirea maximă a combustibilului. Industria energiei electrice este unul din principalii con-

sumatori de combustibil solid, lichid şi gazos. De aici rezultă limpede cît de mare poate fi aportul industriei electroenergetice la economisirea combustibilului de care dispune economia naţională.

O cale principală de realizare a unor economii considerabile de combustibil este termoficarea, adică producerea combinată a energiei electrice şi a căldurii, utilizabilă în scopuri industriale sau casnice. Potrivit prevederilor Directivelor celui de-al III-lea Congres al P. M. R. peste 50% din totalul puterii ce se va instala în termocentralele electrice va fi de termoficare.

Avantajele tehnico-economice precum şi consecinţele favorabile asupra nivelului de trai ce decurg din termoficare sînt numeroase. Termoficarea creează posibilitatea producerii concomitente cu consum specific de combustibil mai redus, atît a energiei electrice, cît şi a căldurii în unităţi productive mari cu randamente ridicate, la care se pot aplica în mod economic realizările tehnicii moderne (automatizare, comandă la distanţă etc.). În cazanele mari şi perfecţionate ale centralelor de termoficare se pot arde cu randamente ridicate combustibilii inferiori care în instalaţii mici nici nu ar putea fi utilizaţi. Termoficarea înlătură aproape complet consumul de combustibil în scopuri casnice, permite desfiinţarea spaţiilor rezervate cazanelor de încălzire în clădirile de locuit, eliberează personalul ocupat cu întreţinerea acestor cazane.

*

Dezvoltarea impetuoasă a electrificării Republicii Populare Romîne este unul din factorii principali ai industrializării ţării, ai aplicării în producţie a proceselor tehnologice celor mai eficiente şi mai productive, ai ridicării rapide a nivelului de trai al întregii populaţii.

RÉSUMÉ

Le développement de l'industrie énergetique en R.P.R.

Après avoir montré la déplorable situation des installations électroénergétiques, héritée du régime capitaliste d'avant-guerre, caractérisée par la faible puissance installée (760 MW) et disponible (600 MW), répartie entre beaucoup de centrales (603) de petites puissances (1 230 kW en moyenne), une consommation spécifique élevée (850 g/kWh) et des réseaux éparpillés çà et là et très peu développés, on constate un saut, qualitatif et quantitatif dans son évolution, tout de suite après l'instauration du régime démocratique populaire. Dès 1950, avec pratiquement la même puissance installée, on a obtenu un surplus de production d'énergie de 41 %.

Le premier plan d'électrification pour la période 1951—1960, a tracé les lignes directrices de la politique énergétique roumaine et a fixé les principaux objectifs à realiser. Les prévisions du plan étaient :

— la concentration de la production d'énergie en grandes unités ;
— l'interconnexion de grandes centrales ;
— la fabrication indigène de l'équipement électro-énergétique ;
— la formation du personnel spécialiste de toutes les catégories.

Les prévisions ont été dépassées. La production d'énergie est montée de 1,13 GWh en 1938 à 2,11 GWh en 1950 et à 7,65 GWh en 1960, allant du simple au double dans un intervalle de 5 ans seulement. En 1960, le plan a été dépassé de 10%. La puissance installée s'est accrue de 0,74 GW à 1,8 GW, dans l'intervalle de 1950 — 1960, mais la durée d'utilisation des installations a considérablement augmenté dans cet intervalle.

Les grandes centrales thermoélectriques ont atteint des puissances de l'ordre de 150 MW avec des unités de 25 et 50 MW, à paramètres élevés de la vapeur (100 at, 510°C).

La période de 1950—1960 a vu la mise en exploitation de trois centrales hydro-électriques, dont celle de Bicaz possède une puissance installée de 210 MW et un lac géant d'acccumulation saisonnière. On a construit de nombreuses lignes de transport à 110 kV, ainsi qu'une ligne à 220 kV. Le réseau à haute tension a augmenté de 611 à 7 000 km, c'ést-à-dire de 11,5 fois. Le prix de revient de l'énergie produite a diminué de 25,5%.

Les Directives du III-ème Congrès du parti prévoient une vive allure de développement de la production et des installations électro-énergétiques. En 1965 la production d'énergie sera de 18,5 GWh et en 1975 de 60—70 GWh ce qui illustre l'accroissement vertigineux de la production.

Aux combustibles liquides on a substitué, au fur et à mesure, des combustibles solides inférieurs et, en outre, on verra croître la proportion de l'énergie produite par les centrales hydro-électriques (la centrale de Bicaz produit, à elle seule, 450 millions de kWh par an). En même temps, le niveau technique des moyens de production, de transport et de distribution augmente considérablement.

L'automatisation et, en général, la nouvelle technique seront introduites à une échelle de plus en plus large. Les centrales de thermification se multiplient ; le rendement est de plus en plus élevé et le prix de revient diminue continuellement.

L'essor prodigieux de l'électrification animera à son tour et constituera en même temps une aide puissante pour le développement de l'industrie, de l'agriculture et des transports ; il contribuera donc à élever le niveau de vie dans la République Populaire Roumaine.

CZ. 621 + 621.312 : 658.5

Unele probleme privind eficacitatea economică a introducerii tehnicii noi

Ing. **Alexandru Ivancenco**

Vicepreşedinte al Comitetului pentru Tehnica Nouă

Construcţia socialistă în ţara noastră se caracterizează, între altele, prin ridicarea continuă, rapidă şi multilaterală a nivelului tehnic al producţiei în întreaga economie naţională. Aplicarea largă a tehnicii moderne în toate procesele de producţie reprezintă condiţia fundamentală pentru realizarea unei înalte productivităţi a muncii.

Una dintre principalele linii de dezvoltare a tehnicii în perioada desăvîrşirii construcţiei socialiste o constituie perfecţionarea continuă a mijloacelor de muncă — elementul cel mai revoluţionar al forţelor de producţie.

Creşterea puternică a mijloacelor de producţie din ţara noastră este asigurată de ridicarea continuă a nivelului tehnic al producţiei; la rîndul ei dezvoltarea industriei în ansamblu, şi în primul rînd a ramurilor industriei grele — producătoare de mijloace de producţie — va asigura introducerea tehnicii noi în întreaga economie naţională.

Tehnica nouă în socialism se caracterizează înainte de toate prin maşini, utilaje şi aparate moderne cu parametri tehnici şi economici înalţi, care asigură o importantă ridicare a productivităţii muncii şi uşurează munca grea a omului. Această caracterizare nu se referă însă la maşini izolate, ci la sisteme de maşini, grupe de maşini diferite — maşini-agregate — ce îndeplinesc sau execută mai multe operaţii sau un şir de operaţii orînduite într-un proces de fabricaţie a produselor.

Progresul tehnic este un proces complex de perfecţionare neîncetată a maşinilor şi uneltelor de muncă, de îmbunătăţire a tehnologiei producţiei, de introducere în producţie a celor mai noi cuceriri ale ştiinţei şi tehnicii, de descoperire şi folosire de noi materiale şi materii prime, de noi forme de energie, de organizare raţională a procesului de producţie şi de ridicare a nivelului de calificare a muncitorilor.

Progresul tehnic al fiecărei ramuri industriale îşi găseşte expresia în primul rînd în dezvoltarea sistemelor de maşini, utilaje şi aparate ce se aplică în domeniul respectiv şi în trecerea tot mai mult la folosirea maşinilor cît mai perfecţionate. Constructorii de maşini care creează, concep şi produc maşini determină căile progresului tehnic al tuturor ramurilor.

Dezvoltarea în ritm susţinut a industriei constructoare de maşini şi crearea industriei electrotehnice din ţara noastră — ramură importantă a industriei constructoare de maşini — au constituit una dintre principalele premise ale ridicării nivelului tehnic al întregii economii naţionale. Aceasta a permis ca mecanizarea şi automatizarea producţiei, principalele direcţii de dezvoltare a tehnicii, să cunoască o extindere continuă, atingînd într-o serie de ramuri şi la unele operaţii un nivel ridicat.

Congresul al III-lea al P.M.R. a trasat sarcinile de bază ale planului economic de şase ani care are ca obiectiv principal dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, încheierea procesului de formare a relaţiilor socialiste în întreaga economie, în vederea desăvîrşirii construcţiei socialismului.

Realizarea sarcinilor trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R. pentru dezvoltarea economiei naţionale în perioada 1960—1965 necesită intensificarea introducerii progresului tehnic — sarcină de primă importanţă pentru industrializarea socialistă a ţării —

în vederea obținerii unei productivități înalte a muncii și reducerii continue a prețului de cost, precum și creării condițiilor necesare unei activități susținute a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor și pentru ridicarea permanentă a nivelului tehnic și a calității producției.

Comitetul Central al P.M.R. și Guvernul Republicii Populare Romîne au elaborat în 1960 o hotărîre cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției și înființarea Comitetului pentru Tehnica Nouă ca organ de coordonare și control al activității legate de introducerea și extinderea tehnicii noi. Această hotărîre stabilește ansamblul de măsuri în vederea introducerii progresului tehnic în industria noastră în viitor.

În acest domeniu de o deosebită importanță pentru ridicarea nivelului tehnic al producției, se stabilesc condițiile de bază ce trebuie să îndeplinească mașinile și instalațiile sau procedeele tehnologice, ca să fie asimilate. Tot aici se stabilește conținutul studiilor tehnico-economice de fundamentare a asimilării produselor noi sau a modernizărilor, precum și de alegere a soluțiilor în vederea investițiilor pentru unități industriale noi sau dezvoltări de întreprinderi existente, respectiv în cazul importurilor de instalații complexe sau altor mașini și instalații tehnologice.

*

Dezvoltarea tehnicii nu poate fi înțeleasă în afara condițiilor economice în care se produce. Introducerea tehnicii noi se face ținînd seama în primul rînd de eficiența ei economică, ținînd cont desigur și de rolul ei social. Pe de o parte economia influențează asupra dezvoltării tehnicii punîndu-i probleme concrete, iar orice noutate tehnică poate să-și găsească o largă aplicare în producție, numai atunci cînd există o necesitate economică, cînd există condiții economice corespunzătoare pentru aplicarea ei.

Necesitatea economică este stimulentul principal al progresului tehnic. În același timp dezvoltarea tehnicii — progresul tehnic — influențează asupra economiei. Astfel, de exemplu, aplicarea tehnicii noi înalt productive pune problema pregătirii cadrelor calificate pentru anumite profesiuni. Tehnica modernă permite în multe cazuri ca aceleași probleme să fie rezolvate prin mai multe metode. Deci se naște necesitatea alegerii acelor metode care sînt din punct de vedere economic cele mai eficace. Aceasta se referă atît la fazele de proiectare a tehnicii noi cît și la modernizarea metodelor existente.

Analiza eficacității economice privește determinarea unei eficacități comparabile a variantei ce se alege față de alte variante posibile. Această analiză trebuie să scoată în evidență eficacitatea economică a construcției noi ce se creează, fie ea o fabrică, o uzină, o mașină sau un utilaj, în comparație cu nivelul tehnicii celei mai noi la scara mondială, în acel domeniu și în comparație cu alte variante.

Aprecierea economică a soluțiilor tehnice este necesară, întrucît tehnica existentă se dezvoltă nu pentru sine însăși ci mai ales pentru îmbunătățirea indicilor economici ai producției. Toate proiectele de tehnică nouă atît în ansamblu cît și în detaliu (toate soluțiile tehnice) trebuie să conțină o justificare a eficienței economice de aplicare a lor.

Introducerea tehnicii noi începe chiar la alegerea produselor de fabricat. Astfel pentru a realiza mașini și utilaje cu performanțe superioare, comparabile cu cele mai bune produse similare pe plan mondial, pentru a alege tipurile cele mai avantajoase, se cere în primul rînd să fie elaborate studii tehnico-economice prealabile care să justifice necesitatea, oportunitatea, urgența și rentabilitatea asimilării oricărui produs.

Studiile tehnico-economice privind asimilarea de produse noi sau modernizarea celor ce se fabrică în mod curent pot fi socotite judicioase numai în măsura în care la elaborarea lor s-au luat în considerare o serie de factori de cea mai mare însemnătate. Aceste studii trebuie să cuprindă o analiză temeinică a necesităților interne și a posibilităților de export pe o perioadă de circa 5 ani, caracteristicile tehnice și de exploatare în comparație cu performanțele produselor similare din țările industriale avansate, baza de materii prime necesare, analiza posibilităților tehnologice de fabricație, prețul de cost precum și alte date care să justifice asimilarea produsului respectiv. Asigurînd studii tehnico-economice bine fundamentate, analitice, organele care le întocmesc, precum și cele care le avizează vor avea siguranța că pun în fabricație produse în stare să contribuie la realizarea progresului tehnic în întreaga economie națională.

Nivelul tehnic al mașinilor și utilajelor este condiționat în mod considerabil de calitatea muncii de proiectare. În proiect capătă forma concretă performanțele tehnico-economice ale produsului, precum și eficacitatea economică a fabricării lui. Proiectarea noilor mașini trebuie să urmărească crearea unor tipuri de înaltă productivitate, durabilitate și siguranță în exploatare, tipuri optime în privința eficacității economice și a tehnologiei procesului de fabricație și care să prezinte, totodată, garanții în privința securității muncii și să scutească în cît mai mare măsură pe oameni de muncă grea. Pe lîngă aceasta, este necesar ca proiectele să prevadă automatizarea funcționării a cît mai multe organe de lucru ale mașinii, precum și posibilitatea includerii acestor mașini în liniile de producție automatizate.

Orientarea fermă spre cele mai noi realizări din tehnica mondială și aplicarea lor grabnică în practica proiectării, *elaborarea de proiecte* care să asigure realizarea unor produse de înalt nivel tehnic și calitativ, iată problema esențială a întregii munci de proiectare. Ridicarea performanțelor și caracteristicilor tehnico-

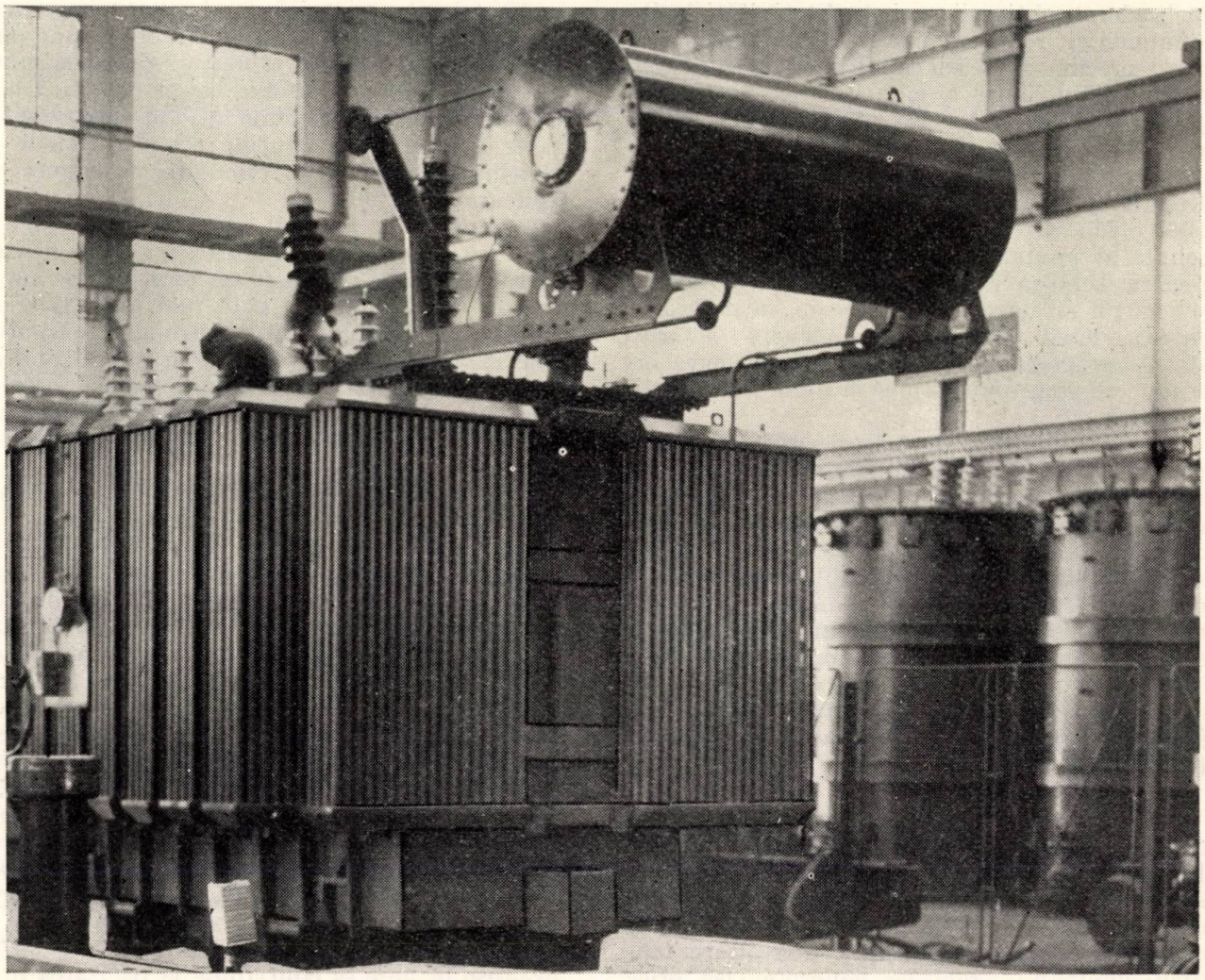


Fig. 1. Transformator de 5/3/2 MVA fabricat la uzinele „Electroputere" Craiova.
Fig. 1. Transformateur de 5/3/2 MVA construit par les usines „Electroputere" Craiova.

economice ale tuturor mașinilor și utilajelor fabricate în țara noastră la nivelul tehnicii înaintate, prin proiectarea sau reproiectarea lor, poate aduce în anii planului de șase ani importante economii de metal, de combustibil și energie, o sporire a productivității muncii, o îmbunătățire a folosirii suprafețelor de producție.

Una dintre căile principale de îmbunătățire a muncii de proiectare și mai ales de folosire judicioasă a forțelor de proiectare o constituie tipizarea în măsură din ce în ce mai mare a mașinilor și utilajelor, a pieselor și subansamblelor. Aceasta duce treptat la întocmirea a cît mai puține proiecte, creîndu-se condiții pentru o studiere mai temeinică, mai profundă, a problemelor tehnice și economice ale produselor, pieselor sau subansamblelor proiectate. În același timp, tipizarea oferă posibilități mai largi pentru specializarea producției și, pe această bază, pentru obținerea unor rezultate economice superioare în activitatea întreprinderilor.

În această ordine de idei un rol important revine organizațiilor internaționale și naționale care studiază, pregătesc și definitivează *directive sau dispoziții normative* cu caracter general sau special, adică norme, standarde, instrucțiuni de exploatare etc. Întocmirea judicioasă și bine studiată a acestor dispoziții normative orientează, activează și sprijină acțiunea de tipizare și de normalizare a produselor, care la rîndul ei are importante consecințe economice. Standardele de stat și normele interne sînt chemate să asigure căile de realizare a tipizării în producția industrială. La redactarea lor un rol important îl au lucrările organizațiilor internaționale care întocmesc recomandări generale în vederea unificării pe un plan cît mai larg a produselor, ceea ce asigură garantarea calității, activează schimburile și lucrările între state. Una dintre organizațiile importante de acest fel, CEI (Comisia electrotehnică internațională) își ține în prezent reuniunea anuală la București, care își va aduce contribuția sa în această privință.

Satisfacerea tuturor nevoilor economiei naționale cu utilaje moderne de înaltă productivitate

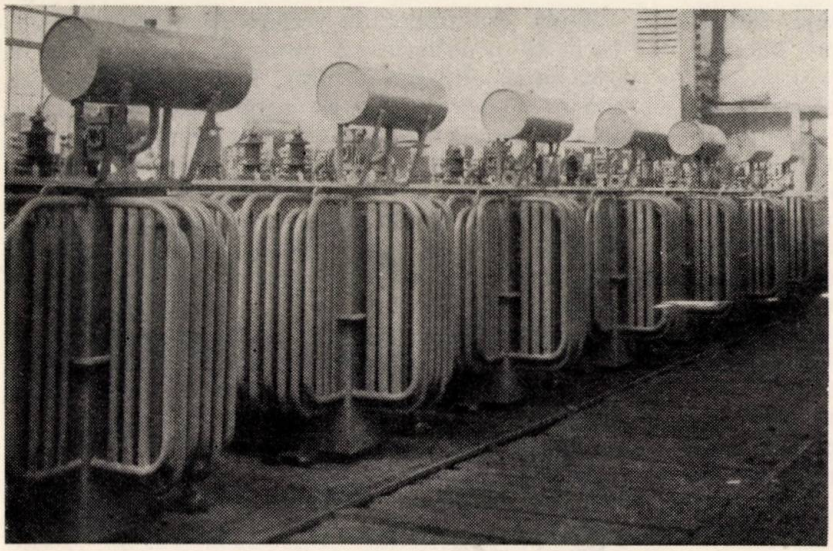


Fig. 2. Transformatoare de putere din seria unitară construită la uzinele „Electroputere" — Craiova.

Fig. 2. Transformateurs de puissance de la série unitaire construite par les usines „Electroputere" — Craiova.

și asigurarea economicității lor sînt legate de reducerea la strictul necesar a numărului de tipuri de mașini și prin aceasta de reducerea cheltuielilor pentru producția lor. În acest scop, pentru fiecare ramură industrială se cere a se crea o serie de mașini de dimensiuni și capacități precis determinate și cu eficacitatea economică maximă. Prin aceasta se înțelege o structură a tipurilor care să permită ca, cu cheltuieli cît mai mici, să se prelucreze la un număr minim de tipuri și dimensiuni de mașini produse de dimensiuni diferite și cu orice caracteristici tehnice, excluzîndu-se astfel proiectarea și fabricarea de mașini cu caracteristici dimensionale variate și destinate efectuării unor operații tehnologice de același tip.

Tipizarea seriilor de mașini asigură rezolvarea unui mare număr de probleme pe care le ridică progresul tehnic în economia națională. La întocmirea nomenclatorului de tipuri trebuie alese, pentru fabricare, acele mașini care să permită aplicarea largă a celor mai avansate și economice metode de producție. În același timp, se vor putea scoate din producție tipurile învechite, creîndu-se condițiile necesare pentru o mai largă unificare a mașinilor, pentru îmbunătățirea calității lor.

La uzinele „Electroputere"-Craiova, tipizarea transformatoarelor a permis realizarea a 68 de tipodimensiuni pe bază de 17 tipuri constructive. Normalizarea reperelor în cadrul acestor tipuri constructive a permis să se folosească cinci tipuri de radiatoare liră și în plus două tipuri de radiatoare simple, față de 90 de dimensiuni de țevi utilizate înainte de tipizare; de asemenea, în loc de 11 tipuri de comutatoare se execută patru tipuri; în loc de 23 de diametre de cilindri pertinax se folosesc 11; în loc de 20 de diametre de rezervoare pentru conservatoare de ulei se folosesc 7 și altele (fig. 2).

La aceleași uzine se fac lucrări de tipizare și pentru transformatoarele de puteri mari (fig. 1). La uzinele „Tudor Vladimirescu" s-au obținut rezultate importante la unificarea pieselor pentru fabricarea troleibuzelor și autobuzelor. Astfel s-au unificat circa 75% dintre piesele necesare troleibuzelor și autobuzelor și circa 95% dintre piesele utilizate la autobuzul urban și cel interurban, ceea ce a permis să se economisească circa 40 000 ore de proiectare și un număr important de scule, dispozitive și verificatoare.

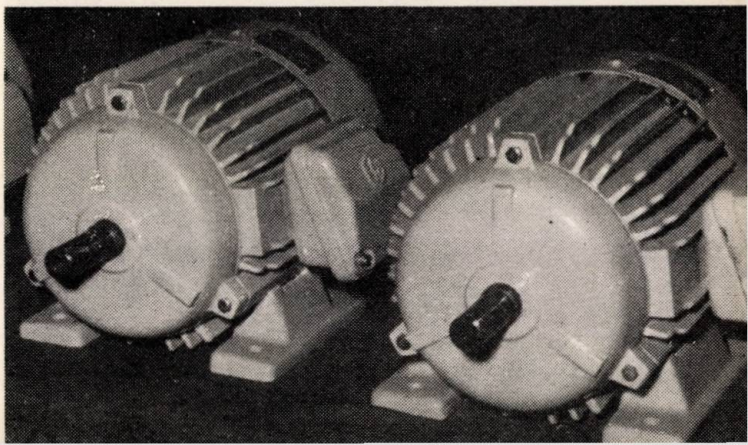
Modernizarea produselor din fabricația curentă prin *înlocuirea utilajelor, mașinilor și produselor cu performanțe necorespunzătoare din punct de vedere al nivelului tehnic* cu produse la nivelul celor mai bune realizări din străinătate pune în fața inginerilor și tehnicienilor probleme similare cu cele privind asimilarea produselor noi.

Asimilarea acestora trebuie făcută pe bază de studii tehnico-economice comparative, din care să iasă în evidență avantajele pe care le prezintă produsele noi față de cele pe care le înlocuiesc, luîndu-se în considerare în principal reducerea prețului de cost al produselor fabricate cu noua mașină ca urmare a creșterii productivității muncii și reducerii consumurilor de materii prime, materiale, energie etc., precum și termenul de recuperare a cheltuielilor ocazionate de introducerea noii mașini.

La determinarea eficacității economice a introducerii mașinilor și utilajelor trebuie să se țină seamă de faptul că uneori costul lor în unitățile producătoare crește față de vechile utilaje; în schimb ele determină o reducere importantă a costurilor de producție în unitățile care le exploatează.

Fig. 3. Motoare electrice din seria nouă, fabricate la I. I. S. „Electroprecizia" Săcele.

Fig. 3. Moteurs électriques de la nouvelle série fabriqués par la I. I. S. „Electroprecizia" Săcele.



În domeniul modernizării produselor, industria noastră electrotehnică a obținut succese importante.

De pildă, la modernizarea seriei de motoare asincrone pînă la 100 kW (fig. 3) pe lîngă îmbunătățirea performanțelor s-a redus simțitor greutatea proprie. Astfel, motorul de 22 kW 1 500 rot/min în execuție P33 are greutatea specifică de 8,85 kg/kW, față de 14 kg/kW cît a avut tipul pe care îl înlocuiește (fig. 4). De asemenea, prin modernizarea grupurilor de sudură electrică de 350A, greutatea proprie se va reduce cu 200 kg (fig. 4).

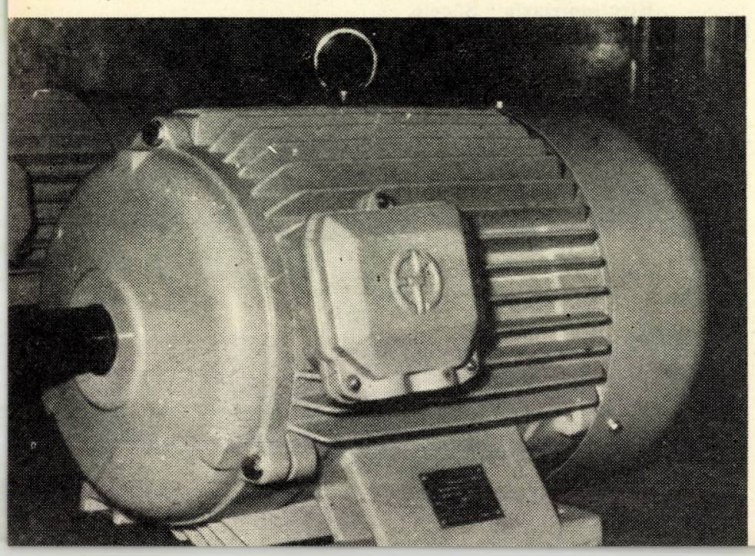
În ceea ce privește modernizarea parcului de mașini aflat în exploatare în uzine, aceasta constituie o problemă care trebuie analizată de la caz la caz.

Menținerea în producție a unor utilaje, mașini și agregate cu caracteristici tehnice mult depășite și efectuînd la acestea numeroase reparații capitale provoacă pagube economiei naționale. În asemenea cazuri soluția justă este scoaterea lor treptată din funcțiune și înlocuirea lor cu utilaje noi de înaltă productivitate, la nivelul tehnicii mondiale. Mergînd pe acest principiu au fost utilate cu mașini moderne un număr important de secții de fabricație din cadrul uzinelor electrotehnice (fig. 5 și 6).

Practica a arătat că în general modernizarea utilajelor care au funcționat peste 20 de ani nu se justifică economic. Se pot îmbunătăți cu transformări relativ simple majoritatea utilajelor aflate în exploatare de 10—20 ani, care nu au nici uzură fizică și morală prea avansată. În general, rezervele de rezistență permit o mărire a vitezei și a puterii acestor mașini și agregate pînă la 50% fără transformări constructive importante. Rezultatele sînt și mai bune dacă o dată cu modernizarea utilajului se introduc și unele mecanizări, respectiv automatizări parțiale. Astfel, potrivit unor calcule din literatură, după modernizare, productivitatea mașinilor-unelte pentru așchiere poate să crească în medie cu 30—50%.

Se poate arăta că perfecționarea a 1 000 de mașini-unelte de așchiere a metalelor este echivalentă din punct de vedere al măririi capacității de producție cu punerea în funcțiune a 400 de mașini noi în plus, fără să fie necesară mărirea suprafețelor de producție. Cheltuielile pentru modernizare, chiar dacă uzinele le efectuează cu mijloace proprii nu depășesc 50% din valoarea celor 400 de mașini-unelte noi. Aceste cheltuieli se reduc substanțial dacă se organizează producția centralizată a mecanismelor și subansamblurilor necesare modernizării la uzine specializate. De asemenea se obțin și economii importante de materiale, întrucît consumul de metal necesar modernizării celor 1 000 de mașini-unelte nu depășește 20—30% din cantitatea de metal necesară pentru fabricarea celor 400 de mașini-unelte noi.

Fig. 4. Motor de 22 kW. 1 500 rot/min. fabricat la I. I. S. „Electromotor" Timișoara.
Fig. 4. Moteur de 22 kW. 1500 rot/min fabriqué par la I. I. S. Electromotor" Timișoara.



Performanțele tehnico-economice ale mașinilor, utilajelor și produselor, calitatea acestora, economicitatea fabricației depind în mare măsură de *procedeele tehnologice* aplicate în producție.

Introducerea tehnologiei noi atrage după sine crearea de utilaje noi, cere SDV noi, și de multe ori duce la refacerea completă a procesului tehnologic; de aceea tehnica avansată și tehnologia sînt inseparabile una față de alta și se dezvoltă în cea mai strînsă legătură și interdependență. Cu procedee tehnologice noi se obțin o calitate superioară a produselor, o productivitate a muncii mai mare, economii de muncă și de materiale. Dimpotrivă, procedeele învechite determină un procent mare de rebuturi, irosire de forțe etc.

Astfel, de pildă, în producția de mașini, care este principalul consumator de metal, aproape jumătate din cantitatea de metal se pierde sub formă de deșeuri. De aici rezultă importanța covîrșitoare a reducerii pierderilor de metal din cauza adaosurilor mari de prelucrare ce trebuie îndepărtate prin așchiere.

Folosirea unor procedee avansate, ca matrițarea de precizie, turnarea de precizie, laminarea profilată, sudura și altele asigură economii substanțiale de metal, prin reducerea la minimum a adaosurilor de prelucrare. Prin matrițare, de exemplu, se pot economisi 250 t la fiecare 1 000 t laminate, adică un sfert din metalul prelucrat și se eliberează concomitent aproximativ 15 mașini-unelte de așchiere și aproape 30 de muncitori.

Perfecționarea tehnologiei, introducerea în producție a procedeelor tehnologice moderne cît mai productive se dovedesc principalele rezerve ale creșterii productivității muncii și reducerii prețului de cost al produselor. Introducerea turnării în forme cu coji de bachelită, de pildă, face posibil ca adaosurile de prelucrare a pieselor să fie cu 50—70% mai mici în comparație cu metodele obișnuite de turnare, productivitatea muncii să crească cu pînă la 50%, iar prețul de cost al piesei să fie mai mic cu circa 25%.

Tendința generală în alegerea procedeelor tehnologice trebuie să fie aceea ca noțiunea de

„semifabricat" să se contopească cu noțiunea de „piesă finită", adică semifabricatele obținute prin procedeele tehnologice de turnare, forjare, matrițare etc. să fie montate direct în mașini, fără să fie necesare alte prelucrări.

Posibilități de introducere a procedeelor tehnologice noi există în toate sectoarele uzinelor noastre — turnătorii, forje, tratamente termice, prelucrări mecanice etc. Ținînd seama însă că circa 70—80% (ca greutate) dintre piesele de mașini și utilaje se obțin prin metoda turnării, o importanță deosebită capătă aplicarea și extinderea procedeelor tehnologice noi în primul rînd în acest sector de producție, și anume : turnarea pieselor în modele ușor fuzibile, în forme întărite cu bioxid de carbon, uscarea miezurilor cu raze infraroșii, înlocuirea unor piese turnate din oțel cu piese turnate din fontă cu grafit nodular ș.a. De asemenea, prin înlocuirea batiurilor și a altor construcții turnate cu cele din tablă ambutizată și sudată, la motoare, prese și unele carcase de reductoare, se poate micșora greutatea proprie a acestor construcții cu pînă la 20%.

Progresul tehnic pătrunde și în procesele tehnologice de asamblare a produselor. În această privință o deosebită însemnătate o are introducerea pe scară largă a sudurii. Aceasta permite scăderea considerabilă a greutății mașinilor, în unele cazuri la jumătate, fără ca rezistența lor să sufere, obținîndu-se în același timp accelerarea procesului de producție pe economie, precum și economii importante de forță de muncă.

În întreprinderile constructoare de mașini există un interes sporit pentru perfecționarea tehnologiei, pentru aplicarea celor mai noi realizări obținute în această direcție pe plan mondial.

Turnarea pieselor prin metode avansate, ca : turnarea în forme cu silicat de sodiu și întărite cu CO_2, turnarea cu modele ușor fuzibile etc., a adus în 1960 economii de aproximativ 25 milioane lei.

Forjarea în matrițe, inclusiv forjarea în matrițe cu figuri, a condus la economii în valoare de circa 40 000 000 lei în 1960.

Folosirea curenților de inducție la tratamentele termice a adus economii de peste 20 milioane lei.

Prin extinderea sudării automate în uzinele constructoare de mașini și prin crearea de linii de sudare automată la Uzinele de utilaj chimic și petrolier din București, Uzinele „23 August" și Uzinele de vagoane Arad s-au obținut creșterea productivității muncii la operațiile de sudare pînă la de trei ori și reducerea cheltuielilor de materiale și manoperă cu 20—25% la produse importante, ca : linii de ciment, rezervoare pentru industria chimică, recipienți, cazane, vagoane basculante etc., și paralel cu aceasta s-au obținut o reducere a

Fig. 5. Vedere generală din secția strungărie — fabrica de mașini electrice — București.
Fig. 5. Vue générale de la Section de Tournage. Fabrique de Machines Electriques — Bucarest.

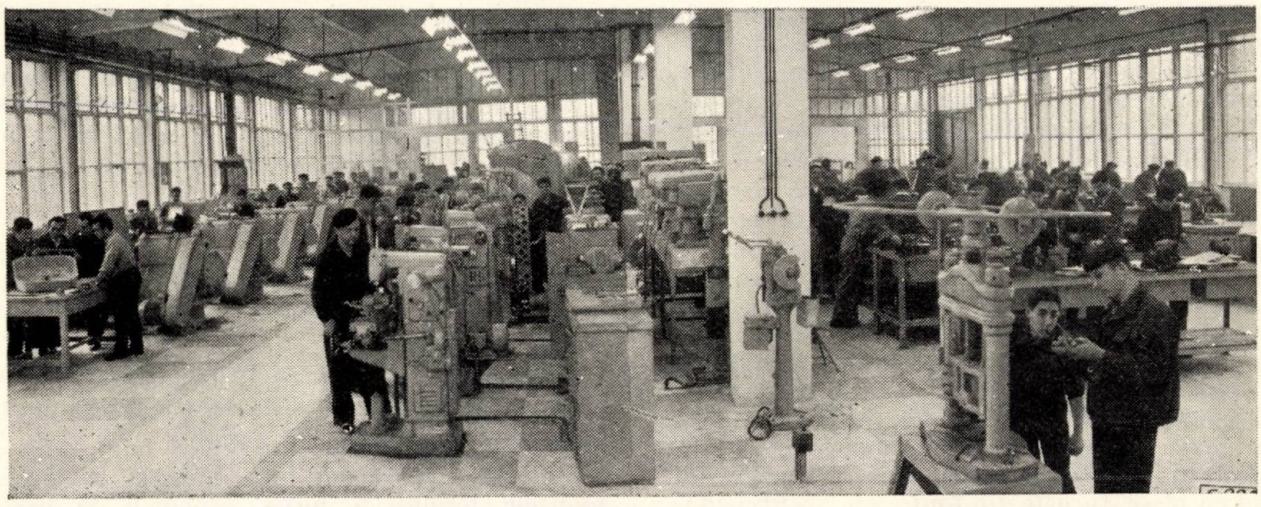


Fig. 6. Hala de matriţerie a întreprinderii „Electroaparataj" — Bucureşti.
Fig. 6. Atelier de matrices de l'entreprise „Electroaparataj" — Bucarest.

ciclurilor de fabricaţie şi o ridicare a calităţii produselor respective.

Căile principale ale progresului tehnic şi deci direcţia în care trebuie să se concentreze eforturile inginerilor şi tehnicienilor sînt *mecanizarea şi automatizarea proceselor tehnologice* care capătă o tot mai mare extindere în economia ţării noastre.

Se înţelege că mecanizarea şi automatizarea nu sînt un scop în sine. Ele sînt necesare pentru ridicarea eficacităţii economice a producţiei şi în primul rînd pentru accelerarea dezvoltării economiei naţionale, reducerea investiţiilor, mărirea productivităţii muncii şi reducerea preţului de cost. Introducerea lor ridică substanţial, cantitativ şi calitativ nivelul producţiei, aduce schimbări simţitoare în tehnologia fabricaţiei, creează noi raporturi tehnico-economice între ramuri, intensifică cooperarea şi specializarea între întreprinderi; muncitorii şi tehnicienii îşi ridică necontenit pregătirea teoretică şi practică de specialitate.

În general operaţia prealabilă automatizării o constituie *mecanizarea muncilor grele şi a celor care absorb un volum mare de muncă.*

În anii construcţiei socialiste, nivelul de mecanizare a crescut sistematic în toate ramurile economiei naţionale.

În industria construcţiilor de maşini, indicele de mecanizare a operaţiilor de preparare a nisipurilor şi de formare a pieselor în turnătorii a ajuns în 1961 la circa 83, respectiv circa 38%.

Creşterea gradului de mecanizare în turnătorii a avut ca rezultat sporirea de 1,5—2,5 ori a productivităţii muncii şi dublarea producţiei de piese turnate pe metru pătrat de formare. Într-o serie de turnătorii, ca cele de la uzinele de tractoare, „Steagul roşu", „23 August", „Semănătoarea" şi altele, operaţiile de preparare a nisipurilor şi de formare a pieselor, precum şi o mare parte a operaţiilor de transport sînt complet mecanizate. Ca urmare, la uzina de tractoare din Braşov de pildă, se realizează o productivitate de peste 30 tone/muncitor an şi un preţ de cost de 30—40% mai mic decît în alte turnătorii cu nivel de mecanizare mai redus.

În producţia de mare serie, ca, de exemplu: motoare electrice, aparataj electric, maşini agricole, biciclete, maşini de cusut, frigidere, aparate de radio, contoare electrice, aparate telefonice etc., s-a introdus montajul pe bandă. De asemenea s-au introdus vopsirea şi uscarea pieselor vopsite pe benzi cu mers continuu la biciclete, motoare electrice, corpuri de iluminat etc., care asigură, pe lîngă o creştere de 2—4 ori a productivităţii muncii, o reducere cu 20—40% a consumului de chituri şi vopsele.

Nivelul cel mai înalt al introducerii tehnicii noi în procesul de producţie îl constituie automatizarea, care este forma superioară a mecanizării. La operaţii automatizate, munca manuală este total eliminată, muncitorul devenind supraveghetorul operaţiilor executate de maşină.

La nivelul actual al tehnicii, ramurile cele mai bine pregătite pentru automatizare sînt acelea în care procesul tehnologic are un caracter continuu, ca de exemplu industria chimică, petrolieră, alimentară şi altele. Automatizarea dă rezultate excelente şi în siderurgie şi în metalurgia neferoasă. În construcţia de maşini, primul loc în ceea ce priveşte eficacitatea îl ocupă *liniile automate de transfer.*

În automatizări sînt folosite pe scară largă *maşinile electronice de calcul* pentru controlul şi reglarea procesului de producţie. Pe baza programului stabilit maşinile de calcul reglează funcţionarea liniilor automate. Astfel, de pildă, prin intervenţia lor se schimbă periodic, în baza programului stabilit, sculele şi uneltele uzate, se controlează pe parcurs dimensiunile diferitelor piese şi se elimină cele necorespunză-

toare, rebutîndu-le. Preocuparea pentru folosirea acestor mașini trebuie mărită avînd în vedere atît rezultatele frumoase obținute pînă acum în construcția unor tipuri de mașini, cît și aplicarea lor în țara noastră.

Eficacitatea automatizării în diferite ramuri a fost verificată în practică în toate țările cu tehnică avansată și s-a demonstrat că în cea mai mare parte dintre cazuri recuperarea fondurilor investite pentru automatizare se face într-un termen relativ scurt. De exemplu, în U.R.S.S., care are o vastă experiență în acest domeniu, a rezultat că, în cea mai mare parte dintre ramuri, investițiile pentru automatizare sînt recuperate între 2 și 3,5 ani. Este interesant că din calculele făcute s-a dovedit că introducerea automatizării are o eficacitate mare; chiar și în sectoare unde mașinile existente nu au fost complet amortizate, s-a izbutit să se recupereze cotele neamortizate de la mașinile înlocuite, precum și investițiile făcute pentru automatizare într-un termen mai scurt decît ar fi durat amortizarea completă a mașinilor vechi, în condițiile producției neautomatizate.

În general, datorită automatizării, productivitatea muncii crește de 2—10 ori și în unele cazuri de 30—50 ori, cheltuielile de producție se reduc cu aproximativ 25—30%. Automatizarea scurtează ciclul de producție și micșorează suprafețele necesare desfășurării producției, sporește siguranța de funcționare a utilajului etc.

Un important cîmp de aplicare a automatizărilor este energetica.

La un anumit nivel de dezvoltare a sistemului energetic, automatizarea unor procese este absolut obligatorie pentru funcționarea sigură și neîntreruptă a sistemului. Potrivit calculelor, pagubele pricinuite consumatorilor industriali în urma întreruperilor alimentării cu energie sînt de 8—12 ori mai mari decît valoarea energiei nelivrate.

În centralele termoelectrice moderne, automatizarea, pe lîngă asigurarea continuității funcționării și ușurării condițiilor de muncă, aduce și economii importante de combustibil prin creșterea randamentelor la cazane (1—3% la unități mari și 6—10% la unități mici). Totodată prin automatizare se reduce și personalul necesar pentru exploatare pînă la 10 ori.

Datorită automatizărilor proceselor de lucru în centralele electrice în anul 1959 au fost evitate peste 1 800 de avarii. A fost prevăzut cu dispozitive de reanclanșare automată un număr important de instalații de rezervă care intră în funcțiune în cazul apariției unor defecte la instalațiile aflate sub tensiune.

La proiectarea stațiilor noi s-a trecut la introducerea soluțiilor care permit exploatarea fără personal. În 1960 s-au automatizat patru stații și este în curs trecerea la funcționarea automatizată fără personal de deservire la încă zece stații. S-au făcut și dispozitivele de telemecanizare a instalațiilor energetice.

Industria noastră constructoare de mașini a realizat succese importante *în domeniul automatizării producției* prin instalarea unor *linii automate de transfer*.

Astfel la uzinele „Steagul roșu" s-a executat o secție de trei mașini-agregate cu linii de transfer la prelucrarea blocului motor cît și a altor 23 de mașini-agregate pentru prelucrarea diverselor piese componente ale autocamionului și tractorului. Cele 25 de mașini aflate în exploatare, compuse din 48 de unități și avînd 794 de scule așchietoare au înlocuit 74 de mașini-unelte universale și au eliberat o suprafață productivă de 538 m² și 121 de muncitori care sînt folosiți cu succes în alte sectoare. Totodată manopera de execuție a produsului s-a redus sensibil.

Orînduirea socialistă asigură posibilități largi pentru valorificarea avantajelor economice și sociale pe care le oferă automatizarea.

În socialism, automatizarea constituie unul dintre mijloacele eficace de sporire a productivității muncii sociale, de obținere a unui belșug de produse necesare ridicării continue a nivelului de trai material și cultural al celor ce muncesc. Automatizarea producției în socialism ușurează condițiile de muncă și sporește securitatea ei, duce la scurtarea zilei de muncă și la ridicarea nivelului tehnico-cultural al clasei muncitoare, contribuind la dispariția deosebirilor esențiale dintre munca fizică și cea intelectuală. În condițiile relațiilor de producție socialiste, automatizarea producției reprezintă unul dintre cele mai puternice mijloace de dezvoltare a forțelor de producție și este una dintre premisele importante ale dezvoltării intense a bazei tehnico-materiale a socialismului. Ținînd seama de importanța automatizării, Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. trasează sarcini concrete privind extinderea și intensificarea automatizărilor în perioada 1960—1965.

În industria construcțiilor de mașini, în perioada 1960—1965 se vor pune în funcțiune peste 30 de linii automate de prelucrare, dintre care cinci linii — ca de exemplu liniile pentru prelucrarea carcasei de ambreiaj la motorul de camion, a carcasei pentru pompele centrifugale, a cutiilor de unsoare pentru vagoane etc., — au intrat în funcțiune parțial încă în cursul anului 1961.

O sporire substanțială a capacității de transport pe căile ferate și a siguranței de circulație se obține prin folosirea blocului automat de linie, realizat de industria noastră electrotehnică și introdus deocamdată numai pe unele linii principale, și în special prin centralizarea tip dispecer, în curs de introducere pe rețeaua noastră feroviară.

Numeroase macazuri și bariere de pe liniile ferate se manipulează încă manual. Peste 12 000 de acari și circa 5 000 de cantonieri fac

această muncă; automatizarea va îndrepta pe acești oameni spre alte lucrări și va mări considerabil circulația.

Centralizarea electrodinamică, de exemplu, prin comanda rapidă a macazurilor și a semnalelor la diferite distanțe sporește capacitatea de circulație a trenurilor pe linii simple cu 12%.

Pe linia Brașov-Sighișoara (linie simplă) unde s-au introdus blocul automat de linie și centralizarea electrodinamică a 14 stații, s-a obținut o sporire a vitezei de circulație cu 20% realizîndu-se economii anuale de 4—5 milioane lei.

Introducerea blocului automat de linii pe liniile duble, față de comunicațiile între stații prin telefon sau telegraf, datorită reducerii intervalului de timp dintre trenurile expediate, mărește capacitatea de circulație a trenurilor de circa trei ori, asigurînd totodată o mai mare siguranță a circulației trenurilor. Toate aceste automatizări se vor realiza cu utilaje fabricate de către industria electrotehnică din țara noastră.

Rezolvarea multiplelor probleme pe care le ridică progresul tehnic în industrie angrenează în măsură sporită cercetarea științifică. În condițiile socialismului știința și producția sînt noțiuni inseparabile; dezvoltarea uneia o determină pe cealaltă, iar amîndouă la un loc accelerează progresul societății în ansamblu. Astăzi nu poate fi concepută obținerea de rezultate pozitive în perfecționarea mașinilor și utilajelor fără ca în prealabil știința să-și spună cuvîntul; de asemenea, cercetarea științifică ruptă de producție, de practică, riscă să bată pasul în loc. Dar și problemele de cercetare trebuie să fie introduse în plan în baza unor studii tehnico-economice de fundamentare prealabilă, scoțînd în evidență eficiența lor economică.

Muncind în spiritul marxist-leninist al legăturii științei cu practica socialistă, institutele de cercetare ale Academiei R.P.R., institutele departamentale, precum și laboratoarele uzinale au repurtat o serie de succese. Astfel putem menționa cercetările privitoare la utilizarea presiunii gazelor naturale înainte de ardere, cercetările pentru valorificarea cărbunilor inferiori, lucrările asupra lubrificației, cercetările privind sudura vagoanelor și liniilor ferate sudate și construcția de mașini hidraulice etc.

Cercetările trebuie extinse și în domeniile relativ noi ale tehnicii, ca de exemplu sonicitatea.

De asemenea trebuie făcute cercetări pentru introducerea metodelor moderne de control tehnic, ca, de exemplu, controlul statistic, controlul automat dimensional, spectroscopia și altele.

Realizarea planului de șase ani pune sarcini mari în fața cercetătorilor și necesită extinderea și îmbunătățirea muncii de cercetare. Crearea Comitetului pentru Tehnica Nouă permite concentrarea eforturilor instituțiilor științifice din diferite ramuri în direcția înfăptuirii cît mai rapide a lucrărilor de cercetare în problemele științifice de mare importanță pentru economia națională, eliberează institutele de cercetări de toate nivelele de problemele minore, trecîndu-le în sarcina grupelor de cercetare din uzine.

Dezvoltarea puternică a industriei în cadrul planului de șase ani deschide perspective largi pentru avîntul științei și pentru aplicarea tehnicii noi în toate ramurile economiei naționale. Munca entuziastă a colectivelor de muncitori, ingineri și tehnicieni, grija permanentă a partidului și guvernului nostru sînt garanția realizării cu succes a tuturor sarcinilor ce ne stau în față.

RÉSUMÉ

Quelques problèmes concernant l'efficacité économique de l'introduction de la nouvelle technique

La période actuelle de construction du socialisme dans la République Populaire Roumaine est caractérisée par l'élévation ininterrompue du niveau technique de la production. Le progrès technique est une fonction de l'introduction d'outillages et appareils modernes à paramètres technico-économiques élevés, de technologies modernes à grand rendement, ainsi que d'une organisation rationelle de l'ensemble du processus de production. La haute qualité du nouvel outillage, ainsi que de l'ancien soumis à des operations d'amélioration, doit être assurée par des analyses d'efficacité. C'est pourquoi, afin d'assurer une qualité supérieure au produits, il faut commencer par l'élaboration de projets pour les fabriques et les outillages et par l'organisation de la production en vue de moderniser les produits. L'établissement de produits-type et la spécialisation de la production sont poursuivis par tous les moyens. En ce sens, le travail des organisations internationales qui élaborent des recommandations ayant un caractère de normes et d'établissement de produits-types est apprécié de manière positive. Les normes d'état tendent, d'une part, à refléter les recommandations internationales en vue de l'unification et de l'établissement de produits-types, et d'autre part à assurer une adaptation aux conditions spécifiques au pays respectif.

L'établissement de produits-types pour les séries de machines poursuivi avec fermeté et constance dans toutes les industries a surtout marqué des succès dans le domaine électrotechnique. Ainsi par exemple, les séries unitaires de transformateurs et de moteurs asynchrones ont permis d'élever le niveau de la qualité des produits, tout en réduisant progressivement le prix de revient par suite de la diminution du nombre des types et des pièces composantes.

L'amélioration et la modernisation de la technologie ont fourni des résultats remarquables, ce qui a conduit à d'importantes économies de matériaux et à une augmentation considérable de la productivité du travail. La mécanisation et l'automatisation des processus de production s'appliquent sur une échelle de plus en plus grande. L'automatisation est déjà appliquée, avec succès, au montages par tapis roulant et aux lignes automatiques de transfert. On fait de plus en plus appel aux calculatrices électroniques pour le contrôle et le réglage du processus de production. Ces succès contribuent, en premier lieu, à la réalisation des charges tracées par les décisions du gouvernement et du parti en vue d'introduire la nouvelle technique et de continuer le progrès technique à une allure plus rapide.

CZ. 621.312(498) UEPC (09)

Uzinele „Electroputere" — Craiova, creaţie a regimului de democraţie populară

Vladimir Popovici
Director tehnic

Valeriu Stanciu
Inginer şef

Uzinele „Electroputere" din Craiova s-au înfiinţat prin grija partidului şi guvernului în capitala unei regiuni care înainte era aproape complet lipsită de industrie.

Acolo unde astăzi se dezvoltă „Electroputere", uzine moderne de maşini şi aparate electrice, acum 18 ani se găseau halele goale, bombardate, ale unor ateliere destinate reparaţiei locomotivelor cu abur. Pînă în 1949 s-a realizat reconstruirea acestor hale, însoţită de o producţie de diverse construcţii metalice. Prin grija conducerii partidului şi guvernului, în 1949 s-a dat o destinaţie nouă şi definitivă acestor hale ce au început să fie utilate în vederea organizarii unei producţii industriale de echipament electrotehnic (fig. 1).

Iniţial, întreprinderea a asimilat fabricaţia de motoare mici pînă la 15 kW, de transformatoare de putere pînă la 750 kVA şi de aparataj de înaltă tensiune de 6 kV în limite de performanţe modeste. La început, uzinele au avut probleme grele de rezolvat în privinţa procurării de documentaţii de proiectare, tehnologie şi încercare.

În această perioadă s-a primit un ajutor neprecupeţit din partea U.R.S.S. Zeci de muncitori, ingineri şi tehnicieni s-au specializat în diversele uzine electrotehnice din Uniunea Sovietică. De asemenea, s-a primit ajutor şi sub formă de documentaţii şi îndrumare din partea specialiştilor sovietici.

Colectivul uzinelor „Electroputere" apreciază din plin ajutorul primit din partea altor uzine, care, avînd experienţă mai multă în producţia de utilaj electrotehnic, au trimis cadre tehnice la uzinele „Electroputere" pentru învingerea greutăţilor începutului. La loc de frunte între aceste fabrici s-a situat Fabrica de maşini electrice din Bucureşti şi mai tîrziu Combinatul metalurgic—Reşiţa.

Înfiinţarea unui complex şcolar pe lîngă uzine a creat posibilitatea eliminării în mod treptat a greutăţilor pe care le întîmpinase la început în privinţa formării de muncitori bine calificaţi.

Grija purtată de conducerea partidului şi guvernului, ajutorul primit din partea Ministerului Energiei Electrice şi Ministerului Industriei Grele, şi actualului Minister al Metalurgiei şi Construcţiilor de Maşini, sprijinul tehnic primit din partea U.R.S.S., îndrumarea şi sprijinul efectiv al organelor politice locale şi voinţa de muncă a colectivului uzinelor noastre au condus la depăşirea greutăţilor începutului şi la o dezvoltare rapidă a uzinelor. Ajutorul cel mai important îl constituie utilarea uzinelor noastre cu maşini care permit ridicarea necontenită a calităţii produselor executate şi fabricarea lor la un nivel tehnologic din ce în ce mai ridicat.

Primii ani de activitate a unei noi întreprinderi au de cele mai multe ori o însemnătate deosebită. În perioada de început, fenomenele tranzitorii sînt accentuate, şi prin aceasta activitatea este mai variată. Cu oricîtă experienţă iniţială ar fi ajutată o întreprindere nouă, ea trebuie să-şi formeze însă cu timpul propria ei experienţă. În perioada de început există inconvenientul lipsei unei tradiţii tehnice proprii, există însă avantajul unei mai mari libertăţi în iniţiativa orientării construcţiilor către soluţiile tehnice cele mai noi, cele mai reuşite în etapa actuală a dezvoltării industriei electrotehnice mondiale.

Organizarea producției

Nevoile mereu crescînde ale industrializării și electrificării țării au pretins lărgirea rapidă a numărului de sortimente chiar în cadrul primului plan cincinal, ceea ce a determinat necesitatea sectorizării uzinelor. Au luat ființă fabricile actuale:

— Fabrica de mașini electrice rotative pentru producția motoarelor asincrone de la 100—1 600 kW, sincrone de la 100—5 000 kVA, grupuri electrogene, generatoare electrice, precum și mașini de curent continuu (generatoare și motoare electrice de tracțiune).

— Fabrica de transformatoare de putere de la 100 kVA la 60 MVA și tensiune pînă la 132 kV.

— Fabrica de aparataj de înaltă tensiune și aparataj aferent mașinilor electrice. În cadrul acestei fabrici se produc separatoare, întreruptoare automate cu diverse variante de acționare, transformatoare de măsură, aparataj de protecție, celule de înaltă tensiune, bobine de reactanță, reostate de pornire și reglaj etc.

Împărțirea în fabrici separate a însemnat un pas înainte în organizarea producției.

A permis organizarea fabricației după flux tehnologic rațional conceput. Asigurarea fabricilor cu utilaje necesare atît operațiilor de pregătire cît și de montaj a condus la o folosire mai completă a lor și la micșorarea importantă a ciclurilor de fabricație. A fost completată și lărgită dotarea tehnologică a întreprinderii. Sectorul mecanic a fost dotat cu mașini-unelte de mare productivitate.

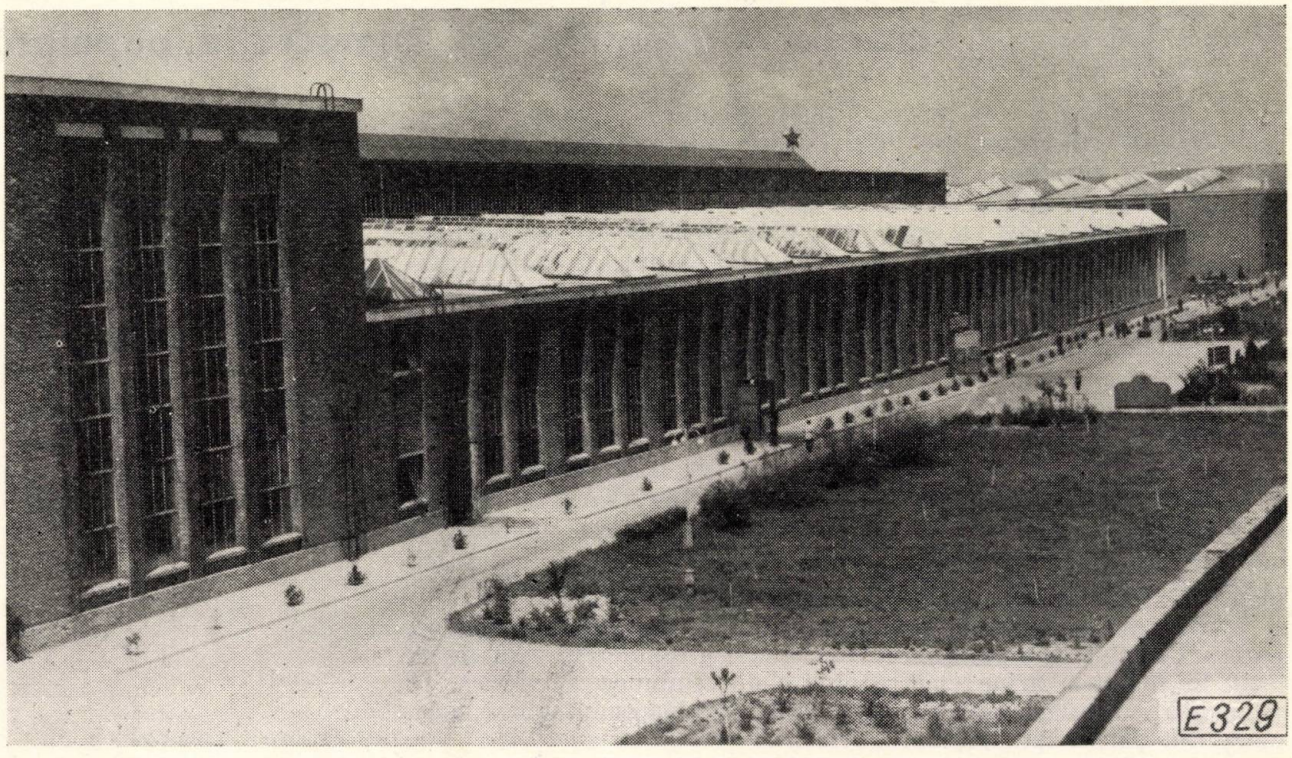


Fig. 1. Hala principală de mașini electrice.

Fig. 1. Bâtiment principal des machines électriques.

S-au dat în folosință instalații tehnologice specifice, cum ar fi instalația modernă de lăcuit tole, stația de uscare sub vid etc.

Laboratorul central al uzinelor și standurile de probe au fost dotate cu utilaje care permit atît desfășurarea unei activități de cercetare, cît și încercarea completă la probele de tip și de serie ale produselor noastre.

Progresul realizat în producție

Ca o ilustrare a activității depuse de colectivul uzinelor noastre se redau grafic creșterea producției globale, a producției-marfă, a salariului mediu muncitori, a salariului mediu ingineri și tehnicieni, precum și funcționari, productivitatea muncii, dezvoltarea producției de transformatoare, motoare electrice și de aparataj de înaltă tensiune, precum și dinamica indicilor economici.

În graficul reprezentat în figura 2, care arată creșterea producției și a forțelor de muncă, s-a luat ca bază de comparație producția anului 1955, an în care uzinele au lucrat din plin și în care erau bine utilate pentru a face față cererilor de

utilaj electrotehnic necesar pentru electrificarea țării. Se observă că între anii 1959 și 1962 creșterea producției s-a desfășurat mult mai rapid, mărindu-se de la an la an în medie cu 1,5 ori.

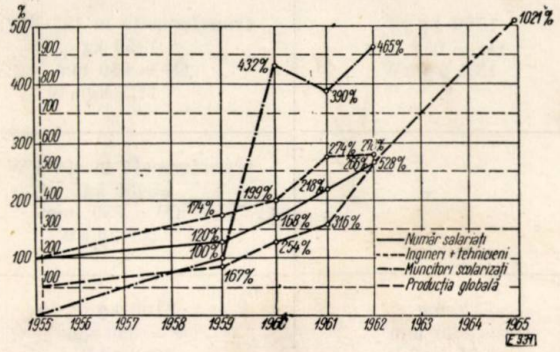


Fig. 2. Producția globală și forțele de muncă.
Fig. 2. Production globale et main d'oeuvre.

Această creștere rapidă a fost posibilă prin reproiectarea produselor și modernizarea lor, prin adoptarea de procedee tehnologice noi, dotarea uzinelor cu mașini moderne de mare productivitate, dar mai ales prin creșterea nivelului tehnic al inginerilor și tehnicienilor. În perioada ce urmează, creșterea prevăzută prezintă o pantă și se va face în mare parte pe seama creșterii productivității muncii. Se prevăd și creșteri substanțiale ale suprafețelor de producție.

În ceea ce privește producția de mașini electrice asincrone și de transformatoare (fig. 3) se observă o creștere rapidă în perioada anilor 1959—1962.

Pentru a face față creșterii producției, uzinele au trebuit să rezolve problema forțelor de muncă (fig. 2) prin școlarizarea unui număr crescînd

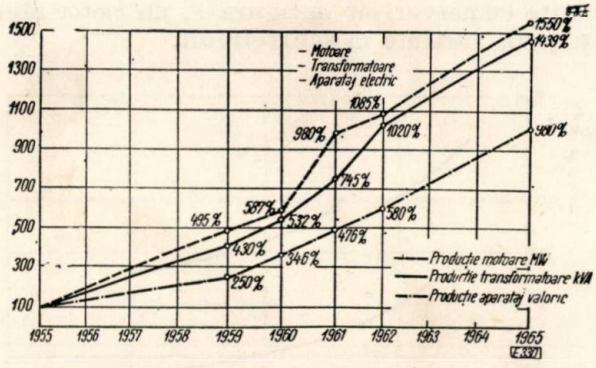


Fig. 3. Dinamica producției de motoare, transformatoare și aparataj electric.
Fig. 3. Dynamique de la production de moteurs, transformateurs et appareils électriques.

de muncitori și personal tehnic mediu necesar atelierelor și serviciilor tehnice.

Faptul că produsele sînt apreciate și peste hotarele țării se poate vedea din graficul ce arată creșterea producției de export (fig. 4).

În ceea ce privește modernizarea construcțiilor s-au înregistrat însemnate succese pentru asigurarea unor performanțe și indici tehnico-economici la nivel mondial. Activitatea de proiectare și tehnologică cum și munca de cercetare au avut un rol important în aceste realizări. Astfel, este suficient a arăta că în 1959 peste 87% dintre sortimentele fabricate erau construcții diferite de cele fabricate în 1955, dintre care 83% erau construcții complet noi, iar 17% construcții reproiectate pentru modernizare. Paralel cu această creștere numerică a construcțiilor înlocuite sau modernizate a crescut și numărul de tipuri constructive în fabricație de 2,7 ori față de 1955. În anul 1961 din totalul producției realizate ponderea produselor noi a fost următoarea:

Motoare electrice	45,7%
Transformatoare de putere	26,8%
Aparataj electric	7,4%
Total uzină (valoric)	29,6%

Aprecierea calitativă a acestei munci de proiectare se poate face și pe baza analizei indicilor

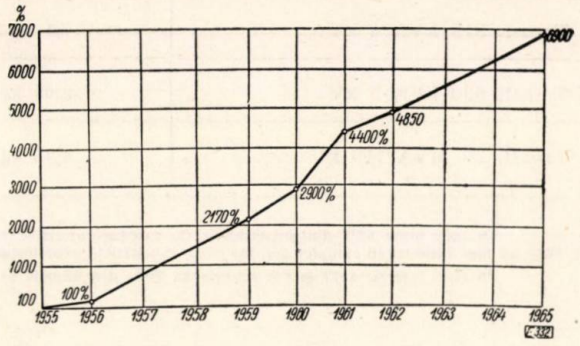


Fig. 4. Creșterea producției exportate.
Fig. 4. Accroissement de la production exportée.

tehnico-economici principali la produsele proiectate. În această privință este sugestivă precizarea rezultatelor obținute la cîteva produse reprezentative privind micșorarea greutății specifice a produselor noastre, arătate în tabela 1.

În 1958, colectivul uzinelor s-a axat pe ridicarea pronunțată a indicilor economici ai fabricației. Reproiectările urmăresc în mod special reducerea consumurilor de materiale și raționalizarea lor, reducerea manoperei și creșterea productivității muncii. Majoritatea construcțiilor reproiectate asigură o micșorare a prețului de cost cu peste 25%.

Pentru ca acțiunile legate de reducerea prețului de cost să primească un caracter de masă, uzinele au trecut cu mult curaj la descentralizarea pe cele patru fabrici a activității de planificare și urmărire a producției, a indicilor de plan, forță de muncă și preț de cost. Această măsură a adus o contribuție însemnată la creșterea

Tabela 1

Produsul	Performanțe 1952—1955	Performanțe 1959	Performanțe 1962
130 kW 750 rot/min 380 V	2400 kg Øe = 740 mm 18,5 kg/kW	1700 kg Øe = 650 mm 13,1 kg/kW	transformată în 125 kW 1450 kg Øe = 650 mm 11,5 kg/kW
360 kW 750 rot/min 6 kV	4000 kg Øe = 990 mm 11 kg kW	—	transformată în 400 kW 3400 kg Øe = 850 mm 8,5 kg/kW
500 kW 750 rot/min 6 kV	8000 kg Øe = 1160 mm 16 kg/kW	4770 kg Øe = 990 mm 9,55 kg/kW	4100 kg Øe = 850 mm 8,2 kg/kW
750 kW 750 rot/min 6 kV	5000 kg Øe = 990 mm 6,65 kg/kW	transformată în 800 kW 4600 kg Øe = 990 mm 5,75 kg/kW	idem 800 kW 3600 kg Øe = 850 mm 4,5 kg/kW
Transf. 250 kVA 6 kV	7,1 kg/kVA	6,5 kg/kVA	5,5 kg/kVA
Transf. 315 kVA 6 kV	7,1 kg/kVA	5,6 kg/kVA	4,9 kg/kVA
Transf. 630 kVA 6 kV	6,65 kg/kVA	5,05 kg/kVA	4,1 kg/kVA
Transf. 20 MVA 110 kV	4,45 kg/kVA	3,7 kg/kVA	3,35 kg/kVA

În 1959 peste 87% din sortimentele de motoare electrice (tipurile de mașini fabricate) au fost construcții diferite de cele fabricate în 1955, dintre care 83% au fost construcții complet noi, iar 17% construcții reproiectate pentru modernizare.

În 1962 față de 1959 se vor reproiecta 70% din tipurile de motoare electrice fabricate.

nivelului economic al specialiștilor din producție și scoate necontenit la iveală noi rezerve interne, a căror folosire duce la economii.

Introducerea de serii unitare

În anii 1960—1962 în cele patru fabrici ale uzinelor s-a dus o acțiune susținută pentru introducerea în fabricație de serii unitare sau (acolo unde nu erau posibile serii) pentru aducerea produselor la nivelul tehnicii mondiale.

Astfel *la fabrica de mașini electrice* s-au elaborat două serii unitare care au înlocuit vechile construcții în două tipuri de protecție: una P 21—P 22 și alta P 33.

Ca exemplu în figura 5 se dau greutățile specifice ale seriei de motoare de protecție P33 răcite cu nervuri 500 V, 1 000 și 1 500 rot/min, iar în figura 6 — motoare de 500 V 1 000 și 1 500 rot/min, și motoare de 6 kV 750, 1 000 și 1 500 rot/min.

În figura 7 este arătat aspectul motoarelor răcite cu nervuri iar în figura 8, un motor răcit cu țevi, varianta în scurtcircuit.

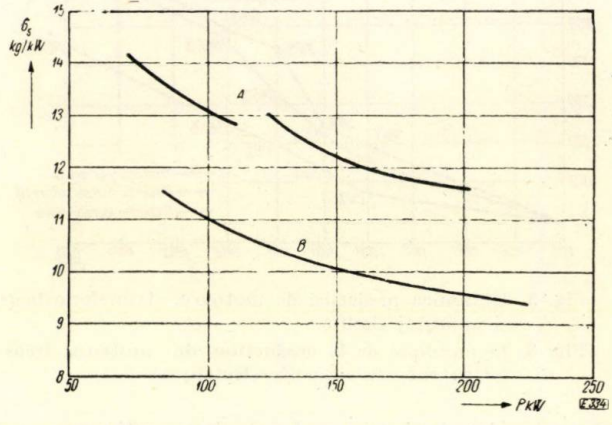


Fig. 5. Motoare asincrone de protecție P33 cu nervuri 500 V. Greutatea specifică:
A — 1 000 rot/min (două gabarite); *B* — 1 500 rot/min.

Fig. 5. Moteurs synchrones à protection P33, à nervures, 500 V. Poids spécifique:
A — 1 000 rot/min (deux groupes de dimensions totales); *B* — 1 500 rot/min

Din aceste figuri se observă că mașinile sînt comparabile cu cele ale unor firme străine consacrate.

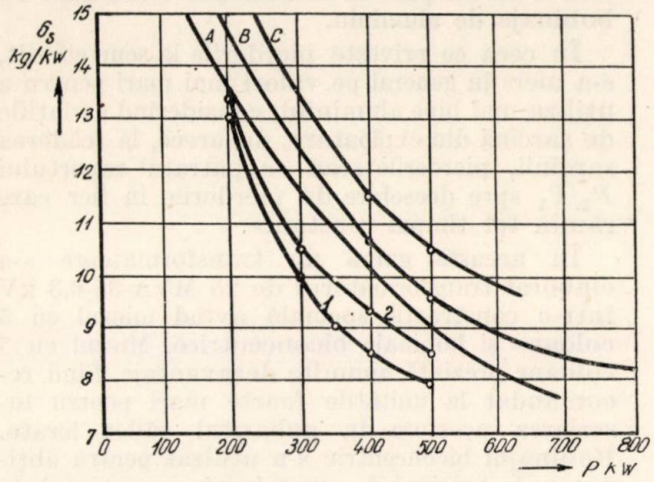


Fig. 6. Motoare asincrone de protecție P33 avînd răcirea cu țevi. Greutatea specifică în funcție de putere :

1 — 0,5 kV, 1 000 rot/min ; *2* — 0,5 kV, 1 500 rot/min ; *B* — 6 kV, 1 500 rot/min ; *C* — 6 kV, 1 000 rot/min ; *D* — 6 kV, 750 rot min.

Fig. 6. Moteurs asynchrones à protection P33, à refroidissement par tubes. Poids spécifique en fonction de la puissance :

1 — 0,5 kV, 1 000 rot/min ; *2* — 0,5 kV, 1 500 rot/min ; *B* — 6 kV, 1 500 rot/min ; *C* — 6 kV, 1 000 rot/min ; *D* — 6 kV, 750 rot/min.

Gama de puteri la toate seriile este aceea care rezultă din șirul numerelor normale cu rația $\sqrt[10]{10} = 1{,}25$ avînd deci puterile 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800 și 1 000 kW.

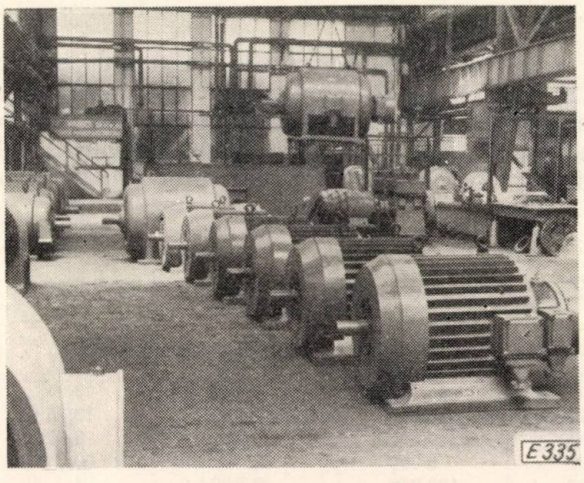


Fig. 7. Serie de motoare asincrone cu nervuri.

Fig. 7. Série de moteurs asynchrones à nervures.

La fabrica de transformatoare s-a asimilat o nouă serie de transformatoare cu bobinaje de aluminiu de la 100 la 1 600 kVA. Scara de puteri a fost aleasă din cea rezultată din seria cu rația $\sqrt[10]{10}$ luată din două în două sau $\sqrt[5]{10} = 1{,}6$ ceea ce duce la puterile 100, 160, 250, 400, 630, 1 000 și 1 600 kVA.

Seria de transformatoare s-a elaborat avînd la bază folosirea de tablă silicioasă cu pierderi specifice $p_{10} = 0{,}95$ W/kg și bobinaje de aluminiu. Ea a fost elaborată în urma unor calcule economice care au ținut seama de faptul că transformatorul privit în ansamblul economiei naționale să fie cît mai economic ; s-a ținut deci seama atît de prețul de cost al materialelor, de costul manoperei cît și de capitalizarea pierderilor în exploatare. De asemenea, s-a urmărit să se obțină transformatoare cu înfășurări de aluminiu cu caracteristici egale, sau apropiate de cele cu bobinaje de cupru. Producînd de mai bine de 5 ani astfel de transformatoare, fabrica de transformatoare a ajuns să aibă o experiență

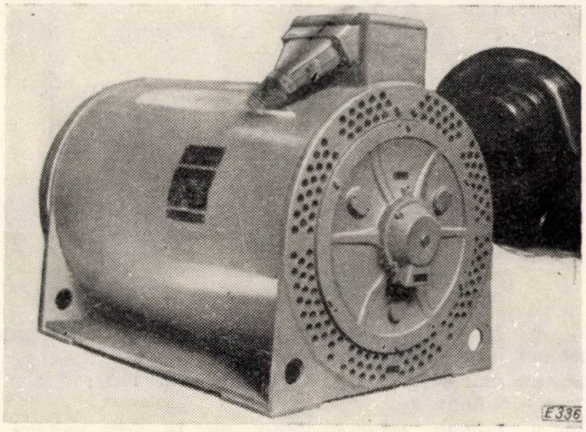


Fig. 8. Motor asincron cu rotor în scurtcircuit de protecție P33 cu răcire prin țevi.

Fig. 8. Moteur asynchrone à rotor en court-circuit, à protection P-33, à refroidissement par tubes.

bogată în fabricarea transformatoarelor de bobinaje de aluminiu.

Prin adoptarea acestei serii, tipizarea subansamblurilor s-a studiat cu grijă obținîndu-se avantaje tehnologice importante. Dintre cele mai importante realizări în acest domeniu rezolvate cu ocazia introducerii seriei unitare amintim :

a) Întocmirea tehnologiei tipizate și trecerea la o linie de fabricație de mare serie a radiatoarelor de tip liră, care permit obținerea unei productivități superioare. Cu această ocazie s-au mecanizat operațiile de debitare a țevilor, îndoire, ștanțare a găurilor, asamblare, sudură și probare.

b) Mecanizarea operațiilor de ștanțare a găurilor ovale, a decupărilor la schelă și ștanțarea găurilor la capace.

c) Realizarea tipului nou de bobinaj pentru joasă tensiune tip spiră sudată.

d) Strîngerea miezurilor fără buloane.

Ca un exemplu al tipizării se pot cita următoarele :

La această serie sînt :

5 radiatoare tip liră şi 2 radiatoare simple faţă de 90 dimensiuni de ţevi la seria veche.
7 diametre de conservator faţă de 20 diametre vechi.
11 diametre de cilindri pertinax faţă de 23 diametre vechi.
4 tipuri de comutator faţă de 11 tipuri vechi.

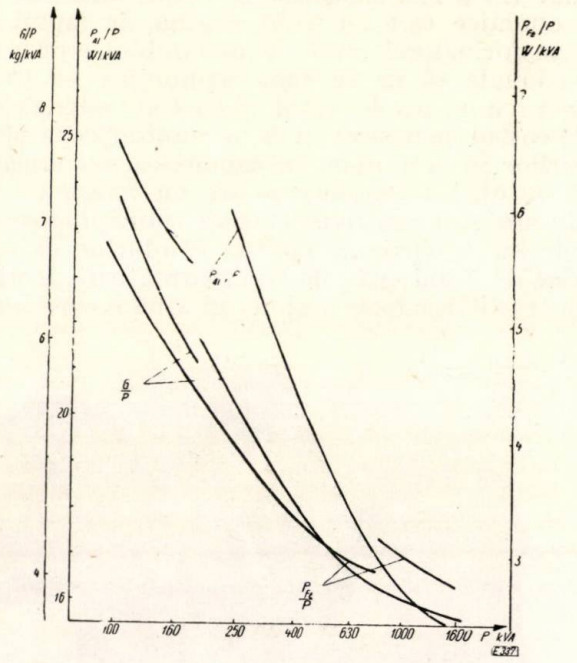


Fig. 9. Indicii caracteristici ai seriei unitare de transformatoare cu înfăşurări în Al :
G/P — greutatea specifică ; P_{Al}/P — pierderi specifice în Al ;
P_{Fe}/P — pierderi în Fe.

Fig. 9. Indices caractéristiques de la série unitaire de transformateurs à enroulements d'aluminium.
G/P — poids spécifique ; P_{Al}/P — pertes spécifiques dans l'aluminium ; P_{FE}/P — pertes dans le fer.

În figura 9 se arată variaţia greutăţii specifice în kg/kVA în funcţie de putere, de asemenea variaţia pierderilor în fier şi a celor în aluminiu în W/kVA. Din aceste curbe se vede că seria unitară are caracteristici comparabile cu cele ale unor produse străine reuşite, dintre care unele construcţii din cupru.

În domeniul transformatoarelor de mare putere s-au adoptat în ultimii ani construcţii cu bobinaje de aluminiu.

În ceea ce priveşte pierderile la scurtcircuit, s-a mers în general pe valori mai mari pentru a utiliza mai bine aluminiul, considerînd variaţiile de sarcină din exploatare, deoarece, la scăderea sarcinii, pierderile scad cu pătratul raportului P_2/P_1 spre deosebire de pierderile în fier care rămîn tot timpul constante.

În această gamă de transformatoare s-a elaborat transformatorul de 25 MVA 35/6,3 kV într-o construcţie specială avînd miezul cu 5 coloane şi bobinaje biconcentrice. Miezul cu 5 coloane prezintă anumite dezavantaje, fiind recomandat la unităţile foarte mari pentru înscrierea acestora în gabaritul căilor ferate. Bobinajul biconcentric s-a utilizat pentru obţinerea de tensiuni de scurtcircuit excepţional de mici. Prin îmbinarea miezului cu cinci coloane cu bobinajul biconcentric se pot obţine soluţii mai economice decît în variantele clasice. Din tabela 2*b* se observă că transformatorul de 25 MVA are cele mai bune caracteristici.

În tabela 2 a sînt date caracteristicile unui transformator de 20 MVA.

Tabela 2 a

		Transformator clasic	Transformator Electroputere*)
G_{Fe}	kg	12 000	11 260
G_{AI}	kg	1 850	1 745
P_0	W	34 000	31 000
P_k	W	165 000	160 000
U_k	%	8,5	8,5

Pentru transformatoarele cu 3 înfăşurări la 110 kV a existat o preocupare permanentă pentru îmbunătăţirea caracteristicilor tehnico-economice. Aceasta se vede analizînd curbele din figura 10. Evoluţia greutăţilor materialelor

Tabela 2 b

25 MVA 35/6,3 kV		Tema de proiectare CAER	Transformator CAER	Transformator Electroputere*)	Economie	Economie procentuală
G_{Fe}	kg	16 000	15 330	13 200	2 130	13,9 %
G_{Al}	kg	3 070	3 150	3 117	33	1,05 %
$Po\ (P_{10} = 0{,}6)$	W	27 500	28 500	24 600	3 900	13,7 %
$Po\ (P_{10} = 0{,}75)$	W	24 400	35 650	30 750	4 900	13,75 %
P_{Al}	W	125 000	121 000	127 500	−6 500	−5,37 %
$P_{cuvă}$	W	—	14 500	5 700	8 800	60,7 %
$P_k = P_{AI} + P_{cuvă}$	W	—	135 500	133 200	2 300	1,7 %
U_k	%	8,4	8,6	8,2	—	—
ØA	mm	530	530	550	—	—
Înălţime fereastră	mm	1 730	1 820	1 305	—	—
Lăţime fereastră	mm	620	520	628	—	—
Înălţime miez	mm	—	2 900	1 845	—	—
Lungime miez	mm	—	2 620	3 952	—	—
G_{ulei}		—	—	—	1 000	—

*) Transformator cu miez cu 5 coloane şi bobinaj biconcentric din aluminiu.

principale la transformatoarele de 10 şi 20 MVA din 1956 şi pînă în 1961 se vede în tabela 3.

De asemenea au evoluat şi concepţiile privitoare la sistemele de bobinaje adoptate, utilizînd pentru noile construcţii schema de bobinaj

leagă două mari sisteme energetice regionale între ele. Proiectarea şi construcţia acestui autotransformator au pus probleme teoretice şi de construcţie complicate, prin caracterul special pe care-l au autotransformatoarele

Tabela 3

	Greutate CuE, tone		Greutate tablă silicioasă, tone		Greutate ulei, tone		Greutate totală, tone	
	1956	1961	1956	1961	1956	1961	1956	1961
Transf. 10 MVA	4	3,6	13,5	11,5	23	17,8	59	49,5
Transf. 20 MVA	6,7	6,2	22,3	18,5	27	20,5	77,5	67

din figura 11, în care bobinajul de înaltă tensiune este împărţit în două: partea principală, bobinată

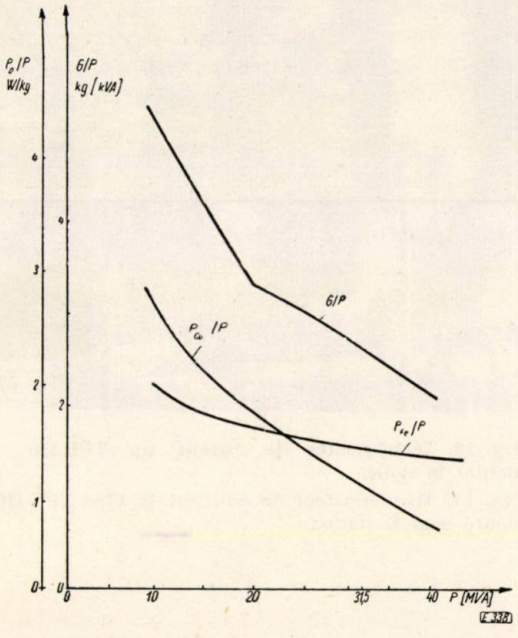


Fig. 10. Transformatoare mari 110 kV, Cu, cu 3 înfăşurări:
G/P – greutatea specifică; P_{Cu}/P – pierderi în Cu;
P_{Fe}/P – pierderi în Fe.

Fig. 10. Grands transformateurs de 110 kV, Cu, à 3 enroulements.
G/P – poids specifique; P_{Cu}/P – pertes dans le cuivre; P_{Fe}/P – pertes dans le fer.

continuu în galeţi, este uniform repartizată între cele două juguri, iar bobinajul de reglaj este bobinat la exterior de asemenea uniform repartizat pe toată înălţimea. Pentru reglarea tensiunii se scot din circuit porţiuni simetrice de la ambele capete, astfel că eforturile electrodinamice la scurtcircuit sînt în acest fel micşorate. În figura 12 se vede aspectul unui transformator de 110/35/10 kV. La tensiunea de 110 kV, uzinele „Electroputere" au construit un autotransformator de reglaj 110/110±20% care

de reglaj în legătură cu rezistenţa la eforturile de scurtcircuit şi la impuls. Din acest motiv sînt puţine întreprinderi care construiesc astfel de autotransformatoare. Autotransformatorul a fost realizat şi montat în staţie în anul 1961 (figura pe coperta revistei). *Fabrica de aparataj* construieşte tot aparatajul aferent staţiilor de înaltă tensiune de la 6 kV la 110 kV.

În figura 13 se vede un aspect din fabrica de aparataj. Şi la această fabrică există preocuparea modernizării aparatelor fabricate, modernizare ce va avea centrul de greutate în anii 1962–1963.

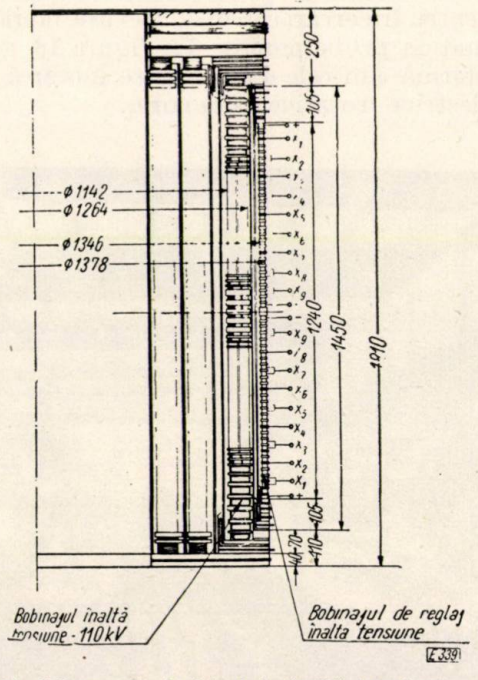


Fig. 11. Schema de bobinaj de înaltă tensiune.
Fig. 11. Schéma de bobinage à haute tension.

În figurile 14 şi 15 se văd cîteva produse la 110 kV, ca întreruptorul cu ulei puţin tip IUP–110, transformatoarele de curent tip TPE–110 montate în staţie şi separatorul tip STEP–110 cu punere la pămînt.

Printre produsele mai noi se vede în figura 16 o celulă debroşabilă de 6 kV, iar în figura 17, un întreruptor de 35 kV cu ulei puţin tip IUP — 35.

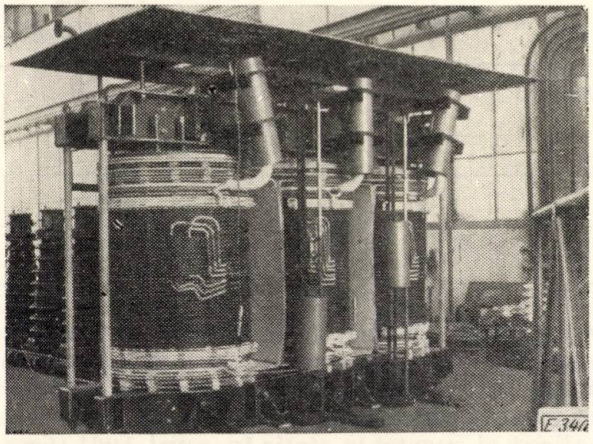


Fig. 12. Transformator 110/35/10 kV, Cu.
Fig. 12. Transformateur 110/35/10 kV, Cu.

Majoritatea produselor sînt organizate astfel ca fabricaţia să se facă în flux sau linii tehnologice.

Pentru fabricarea transformatoarelor în răşini de turnare s-a amenajat o instalaţie de turnat.

Pentru stabilirea performanţelor produselor sau pentru încercări curente, fiecare fabrică are un stand de probe propriu. În figura 18 se vede o platformă din cele 6 pe care se încearcă maşinile electrice rotative asincrone.

Fig. 13. Aspect interior al fabricii de aparataj.
Fig. 13. Vue intérieure de la fabrique d'appareils.

Pentru încercări de aparate de exterior, există dispozitive de produs ploaie artificială. Tensiunea de încercare se poate obţine pînă la 500 kV (fig. 19), iar la impuls 1 MV.

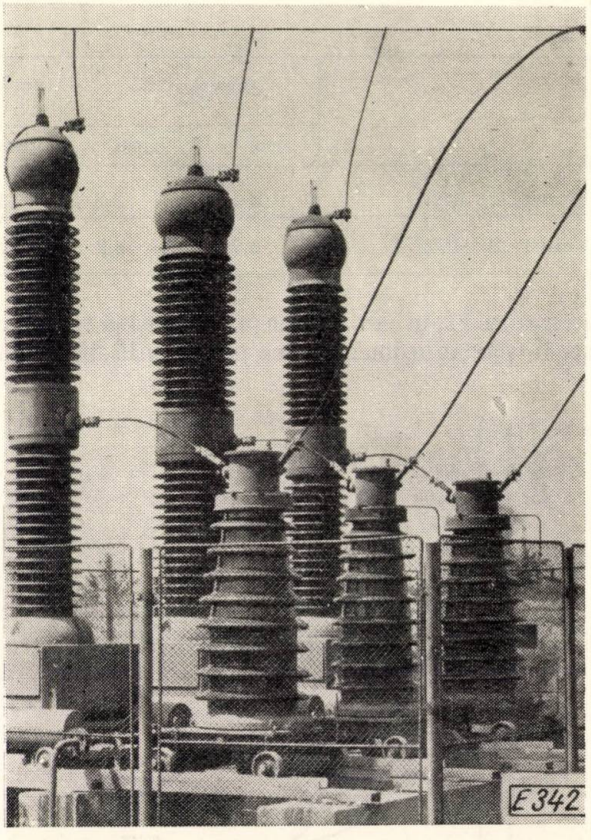


Fig. 14. Transformator de curent tip TPE-110 montat în staţie.
Fig. 14. Transformateur de courant de type TPE-110, monté dans la station.

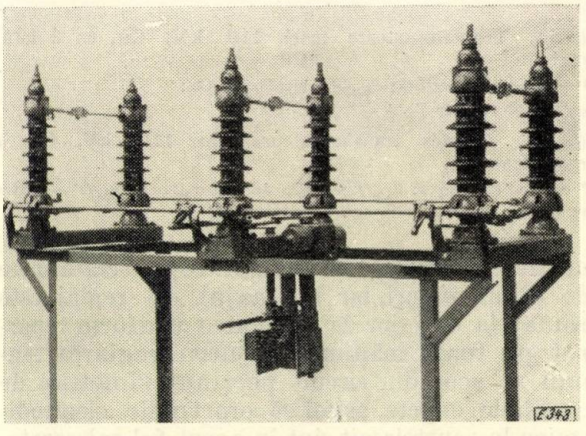


Fig. 15. Separator tip STEP-110 cu cuţite de punere la pămînt.
Fig. 15. Sectionneur du type STEP-110 à couteau de la mise à la terre.

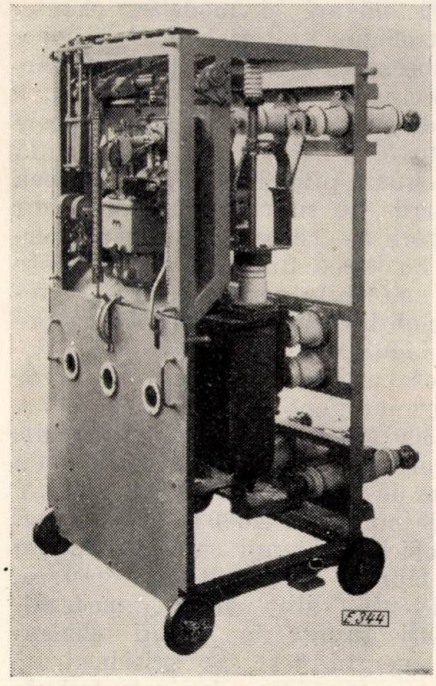


Fig. 16. Celulă prefabricată debroşabilă 6 kV.
Fig. 16. Cellule préfabriquée debrochable de 6 kV.

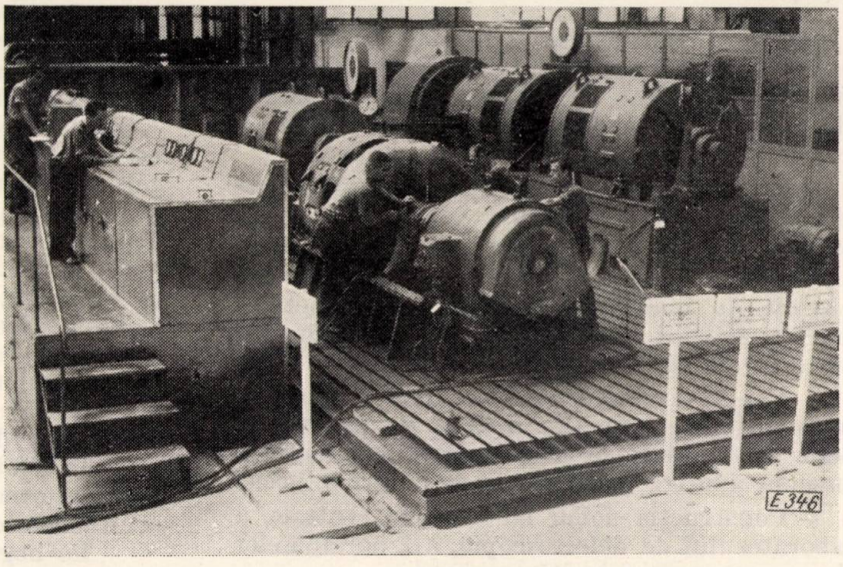


Fig. 18. Grup de încercări pentru maşini electrice asincrone şi generator LDE.
Fig. 18. Groupe d'essai pour les machines électriques asynchrones et génératrice LDE.

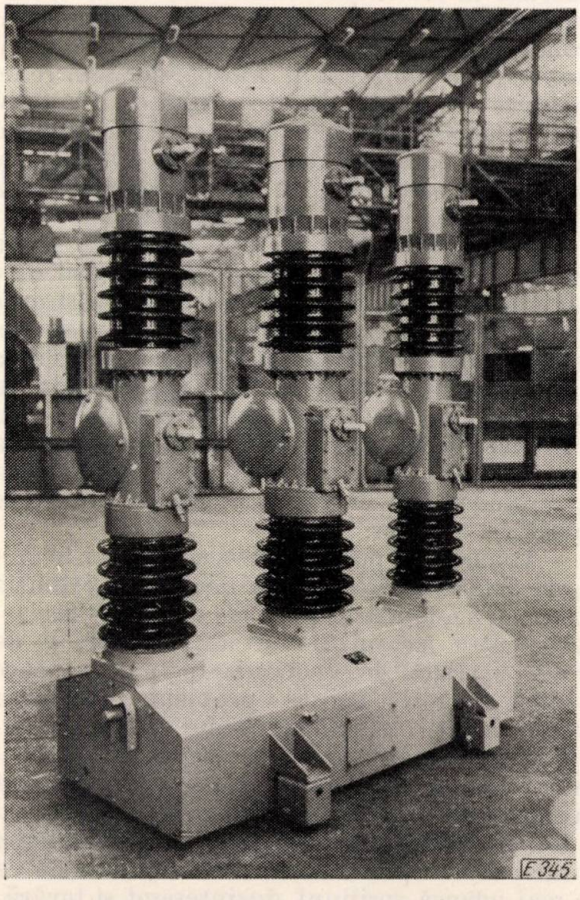


Fig. 17. Întreruptor cu ulei puţin tip IUP-35 de 35 kV.
Fig. 17. Interrupteur à petit volum d'huile, du type IUP-35 de 35 kV.

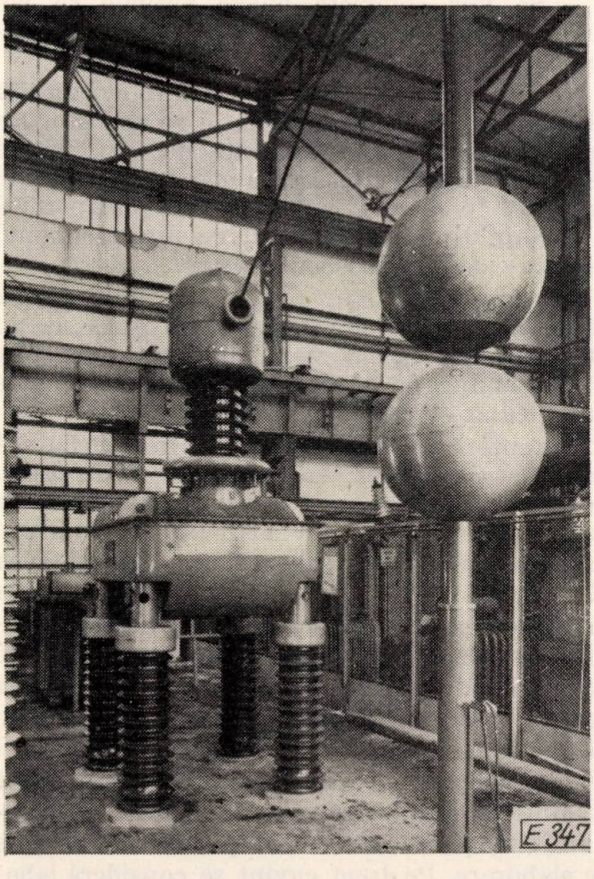


Fig. 19. Laboratorul de înaltă tensiune 500 kV, 50 Hz.
Fig. 19. Laboratoire à haute tension : 500 kV, 50 Hz.

Perspective

Dezvoltarea continuă şi în ritm deosebit de rapid a uzinelor în ce priveşte capacitatea de producţie a creat necesitatea unei noi fabrici de aparataj de înaltă tensiune şi de asemenea construirea unor noi laboratoare uzinale.

În stadiul actual de organizare sînt programate următoarele lucrări privind perspectivele dezvoltării în viitor a uzinelor:

— Se va construi fabrica nouă de aparataj electric de înaltă tensiune, iar halele actuale unde se fabrică aparatajul vor fi alocate dezvoltării fabricaţiei de maşini electrice rotative.

— Construcţia unor standuri moderne, parţial automatizate, pentru încercările de prototip şi serie la motoare şi generatoare de tracţiune precum şi la transformatoare de putere mijlocie.

— Construcţia noilor laboratoare centrale, a laboratorului de defectoscopie, a laboratoarelor de mare putere şi înaltă tensiune.

— Se va construi o serie de ateliere auxiliare şi centrale de distribuţie (oxigen, acetilenă, aer comprimat etc.) care vor ridica productivitatea sectoarelor de producţie de bază, micşorînd transportul şi reducînd timpii morţi şi se va mecaniza o serie de munci grele, ca transportul tuburilor de oxigen, curăţirea pieselor turnate etc.

— Se vor completa halele actuale cu noi clădiri sociale, care vor cuprinde vestiare, spălătoare, duşuri etc.

Noua fabrică de aparataj va fi constituită dintr-un complex de hale unde se vor produce aparatajul de înaltă tensiune de 110, 220 şi 380 kV, transformatoare de măsură, aparatajul de înaltă tensiune şi aparatajul aferent pornirii şi reglajului maşinilor rotative din programul de fabricaţie al uzinelor noastre.

De asemenea fabrica va fi dotată cu un atelier modern pentru acoperiri galvanice, cu un atelier pentru turnat răşini, vopsire în conveier şi cu standuri de probă pentru controlul tehnic intermediar şi final de calitate.

O atenţie deosebită se va acorda în noua fabrică de aparataj extinderii fabricaţiei de celule prefabricate de înaltă şi joasă tensiune, unde cererile pentru nevoile interne şi pentru export sînt foarte mari. În lumina Directivelor Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, referitoare la introducerea tehnicii noi şi îmbunătăţirea calităţii produselor, uzinele noastre vor fi dotate cu cele mai moderne laboratoare noi. Sarcina acestor laboratoare va fi dezvoltarea experimentărilor necesare unei fabricaţii de înalt nivel tehnic, atît în scopul verificării parametrilor stabiliţi prin proiectare şi garantaţi beneficiarului, cît şi pentru studierea tipurilor noi în curs de elaborare. Pe drept cuvînt se consideră laboratoarele şi standurile de probă uzinale caprincipalul instrument în realizarea progresului tehnic.

Noul laborator central uzinal va avea sectoare separate pentru măsuri şi modelări, chimic, metalurgic, metrologic, materiale electrotehnice şi ateliere de specialitate utilate pentru deservirea acestor sectoare.

Laboratorul de mare putere va asigura încercarea întreruptoarelor de înaltă tensiune la puteri de scurtcircuit pînă la 8 000 MVA, ceea ce acoperă puterile de scurtcircuit care se vor atinge în următorii 5—10 ani în sistemul energetic naţional. Folosirea unor metode indirecte de încercare, şi mai tîrziu a unor încercări sintetice, va permite obţinerea unor puteri de rupere superioare celor indicate.

— Instalaţiile laboratorului de mare putere vor cuprinde două grupuri generatoare de2 500 MVA şi un grup de 500 MVA puteri de scurtcircuit.

— Laboratorul de înaltă tensiune va fi dotat cu un transformator de încercări de 50 Hz, 1 200 kV şi un generator de impuls de 2000 kV, 180 kW sec.

— Pe lîngă obiectivele noi care apar mereu pe teritoriul fabricii în continuă creştere, sectoarele existente sînt mereu modernizate prin planuri anuale de măsuri tehnico-organizatorice, mergîndu-se pe principiul că atelierul este un organism viu, care trebuie readaptat rapid noilor tehnologii, noilor materiale şi sortimente sau serii de maşini care se lansează în fabricaţie. Astfel, de exemplu, lansarea în fabricaţie a noi serii de motoare asincrone capsulate cu ţevi a necesitat reorganizarea vechii fabricaţii a motoarelor asincrone, deoarece atît fabricaţia statorului cît şi a rotorului a necesitat o serie de locuri noi de lucru, ca sudarea coliviilor de aluminiu, pregătirea şi asamblarea carcaselor cu ţevi, compoundarea bobinajelor de înaltă tensiune etc.

— O atenţie deosebită s-a acordat şi se va acorda şi în viitor mobilierului industrial care asigură depozitarea corectă a sculelor, păstrarea materialelor din fabricaţia curentă, păstrarea uneltelor de mînă şi de măsurare, manipularea şi transportul pieselor şi în general deservirea corectă şi completă a locului de muncă. Cea mai mare parte din acest mobilier este deja standardizată, şi în viitorul apropiat întreaga întreprindere va fi dotată numai cu aceste tipuri de mobilier.

— Problemele puse de procedeele noi tehnologice sînt rezolvate prin proiectarea şi execuţia utilajelor nestandardizate, de grupul de proiectări pentru mecanizări şi automatizări şi de secţia specială de mecanizare proprie, care rezolvă operativ aceste probleme. Ridicarea productivităţii muncii şi ritmul viu al programului de noutăţi impun mărirea în perspectivă a acestor sectoare de lucru şi întărirea lor cu cele mai experimentate cadre.

Rezultatele obţinute demonstrează că puterea muncii este o putere invincibilă şi dacă la ea se mai adaugă sprijinul dezinteresat şi tovărăşesc acordat de ţările prietene succesul final este asigurat pe deplin.

RÉSUMÉ

Les usines „Electroputere" de Craiova, création du regime de démocratie populaire.

Crées en 1949, à l'endroit occupé auparavant par des batiments pour la réparation de locomotives à vapeur, les Usines „Electroputere" se sont développées à une allure tout à fait extraordinaire, grâce à la sollicitude particulière du parti et du gouvernement d'assurer le progrès de l'industrie électrotechnique de machines, transformateurs et gros appareillage.

Avec, dès le début, l'aide précieuse de l'U.R.S.S. sous forme de spécialistes et de documentation, les usines ont pu profiter tout de suite des avantages offerts par une organisation rationelle de la fabrication, divisée en grandes unités :

- la fabrique de machines électriques (moteurs jusqu'à 1 600 kW) ;
- la fabrique de transformateurs de puissance (jusqu'à 60 MVA, 132 kV) ;
- la fabrique d'appareils à haute tension (jusqu'à 123 kV) ;

La production et le collectif ont augmenté à vive allure, ainsi qu'il résulte des avantages mentionnés, et le taux d'accroissement est sans cesse accéléré, ce qui fait croître, en même temps, le volume et la valeur des produits exportés.

En 1961, environ 30 % de la production a été constituée par les produits nouvellement fabriqués, dont le signe distinctif est leur haute qualité.

On a accordé une grande importance à l'élaboration de séries unitaires de produits dans toutes les usines de notre pays. On construit de telles séries de moteurs asynchrones jusqu'à 100 kW, respectivement jusqu'à 1 000 kW, ainsi que des transformateurs de distribution jusqu'à 1 600 kVA et on prépare les séries allant jusqu'à 25, respectivement 100 MVA.

Le poids spécifique des produits a continuellement diminué, ainsi qu'on peut le voir dans le diagramme, et a atteint le niveau des meilleurs produits des grands pays industriels.

L'établissement de sous-ensembles-types, ainsi bien que la mécanisation et l'automatisation de la technologie et du contrôle de la fabrication ont contribué à faire monter le niveau technique de la production et à réduire progressivement le prix de revient.

Dans la fabrication des appareils à haute tension, on a introduit la technologie moderne des isolations de résines époxydiques coulées. On fabrique des interrupteurs à peu d'huile jusqu'à 110 kV, ainsi que des séparateurs, des parafoudres et des coupe-circuit à haute tension.

Les laboratoires de l'usine possèdent des appareils de mesure et de contrôle de haute qualité. Les installations de charge sous tension ont atteint 500 kV à 50 Hz, respectivement 1,6 MV de choc.

On prévoit, à l'avenir, un développement encore plus grand des usines qui dès maintenant sont capables de satisfaire à toutes les conditions requises.

CZ. 621.317.333.82/ICET (498)

Contribuţia Institutului de cercetări electrotehnice la rezolvarea problemelor de încercare la impuls

Conf. ing. **Gheorghe Hortopan**
Directorul adjunct ştiinţific al Institutului de cercetări electrotehnice

Încercarea la impuls a echipamentului electric de înaltă tensiune constituie una dintre problemele cele mai dificile în tehnica încercărilor.

În primul rînd trebuie să se ţină seamă de coordonarea izolaţiei, adică de corelaţia între tensiunile de încercare a echipamentului la frecvenţa industrială şi la impuls, de nivelul de protecţie a descărcătorului şi de stabilitatea acestui descărcător la supratensiunile de comutaţie. În acest sens lucrările CEI s-au concretizat sub forma recomandărilor cuprinse în publicaţia 71 [1].

Apoi dispozitivele de măsură utilizate trebuie să fie omologate, în sensul de a nu cauza chiar ele surse de erori inadmisibile la executarea măsurătorilor. În acest scop, proiectul de recomandări 42 (BC) 6 întocmit de Comitetul de studii nr. 42 al CEI cu privire la tehnica încercărilor de înaltă tensiune [2] este de mare utilitate. În acest proiect de recomandări se indică — între altele — condiţiile tehnice pe care trebuie să le îndeplinească dispozitivele de măsură destinate a măsura tensiuni şi curenţi de impuls. Aci trebuie subliniat că în domeniul măsurătorilor la impuls nu există încă un acord deplin între lucrările CIGRÉ şi CEI. Astfel, în recomandările 42 (BC) 6 se face referire asupra timpului de răspuns al şunturilor, prin care trec curenţi normalizaţi de 8/20 sau 4/10, la care timpul de răspuns al şuntului nu trebuie să depăşească 1,6 μs, respectiv 0,8 μs.

Pe de altă parte lucrările CIGRÉ [3] recomandă folosirea unor şunturi cu timp de răspuns rapid ($L/R = 50$ m μs), în cazul măsurării curenţilor proveniţi din tăierea undei de impuls.

Este de menţionat că executarea încercărilor la unda de impuls tăiată se practică în condiţii diferite în diverse ţări şi că o recomandare mai concretă încă nu a fost făcută în cadrul CEI.

Trebuie observat că încercările la impuls au fost introduse în laboratoare şi uzine nu numai pentru încercarea rigidităţii dielectrice, dar şi pentru controlul intermediar şi defectoscopia maşinilor rotative [4]. De asemenea, un rol important în tehnica proiectării transformatoarelor de mare putere şi înaltă tensiune îl joacă modelul electromagnetic combinat [5], care utilizează ca sursă de excitaţie un generator de impulsuri repetate de tensiune joasă.

În R.P.R. necesitatea încercărilor la impuls a apărut odată cu dezvoltarea, în anii regimului de democraţie populară, a fabricilor de echipament electric de înaltă tensiune. În scopul realizării acestor încercări în bune condiţii, ICET a elaborat echipamente speciale destinate încercărilor la impulsuri de tensiune şi curent. În cele ce urmează se indică unele realizări obţinute în acest domeniu.

1. *Divizorul de tensiune.* Propunerile de recomandări 42 (BC) 6 stabilesc condiţiile tehnice pe care trebuie să le îndeplinească dispozitivul de măsură format din divizorul de tensiune, oscilograful catodic şi cablul de legătură între divizor şi oscilograf. După aceste recomandări folosirea cablurilor de întîrziere între divizor şi oscilograf nu mai poate fi acceptată din cauza amortizării puternice, rezultată din lungimea mare a cablului. Măsurătorile efectuate în laboratorul de înaltă tensiune al ICET au confirmat acest lucru. Astfel în figura 1 se arată timpul de răspuns obţinut la aplicarea unui impuls rectangular de 100 kV unui divizor de 10 kΩ, folosind

un cablu de întîrziere de tip Angelini, iar în figura 2 se arată răspunsul la folosirea unui cablu de televiziune scurt. Se constată astfel că

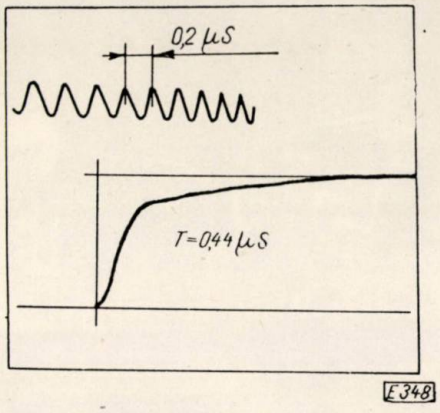


Fig. 1. Timpul de răspuns $T = 0{,}44$ μs la un dispozitiv de măsură care cuprinde un cablu de întîrziere.

Fig. 1. Temps de réponse $T = 0{,}44$ μs d'un dispositif de mesure comprenant un câble de retardement.

în primul caz timpul de răspuns este de 0,44 μs și deci depășește prevederile documentului 42 (BC)6, care indică un timp de răspuns de cel mult 0,2 μs, iar în cazul al doilea timpul de răspuns este de 0,08 μs, deci se încadrează în prevederile CEI.

În legătură cu acuratețea măsurătorii mai trebuie adăugat că atît intrarea în oscilograf cît și ieșirea din divizor a cablului de măsură trebuie executate coaxial. De asemenea este util ca legătura generatorului de impuls la divizorul

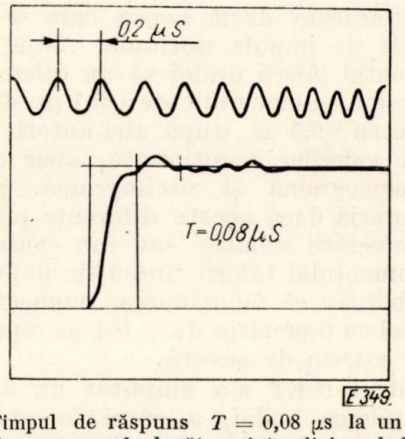


Fig. 2. Timpul de răspuns $T = 0{,}08$ μs la un dispozitiv de măsură care prevede legătura între divizorul de tensiune și osciloraful catodic, cu un cablu de televiziune lung de de 30 m.

Fig. 2. Temps de réponse $T = 0{,}08$ μs d'un dispositif de mesure assurant, par un câble de télévision de 30 m de longueur, la liaison entre le diviseur de tension et l'oscillographe cathodique.

de tensiune să se termine prin conectarea în serie a unei rezistențe neinductive de ordinul 400—500 Ω, în scopul eliminării oscilațiilor de înaltă frecvență pe linia de înaltă tensiune. În figura 3 se arată oscilograma răspunsului la impulsul rectangular, fără rezistența menționată, iar în figura 2 se arată acest răspuns într-un montaj cu o rezistență neinductivă de 500 Ω. Este important de menționat faptul că, dacă se folosește un cablu de întîrziere de tip Angelini între divizor și oscilograf, oscilațiile pe partea de înaltă tensiune sînt amortizate, astfel că ele nu mai apar în oscilogramă. În figura 4 este reprodusă oscilograma răspunsului în cazul aplicării undei rectangulare de 100 kV și folosirii unui cablu de tip Angelini, rezistența externă a divizorului fiind nulă. În figura 5 se arată un divizor de tensiune de 10 kΩ, 600 kV construit de ICET, cu care au fost ridicate oscilogramele din figurile 1, 2, 3 și 4.

2. *Comanda sincronă a generatorului de impuls.* Folosirea unui cablu scurt între divizorul

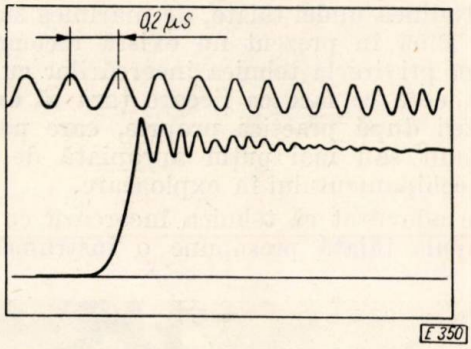


Fig. 3. Răspunsul unui dispozitiv de măsură în absența rezistenței la racordarea divizorului de tensiune. Legătura între divizor și oscilograf s-a făcut cu un cablu de televiziune de 30 m.

Fig. 3. Réponse d'un dispositif de mesure en l'absence de la résistance dans la connexion du diviseur de tension. La liaison entre le diviseur et l'oscillographe est faite par un câble de télévision de 30 m de longueur.

de tensiune și oscilograf face de neutilizat autoamorsarea generatorului de impuls, deoarece pe ecranul oscilografului catodic nu va apărea porțiunea inițială a fenomenului. Din această cauză

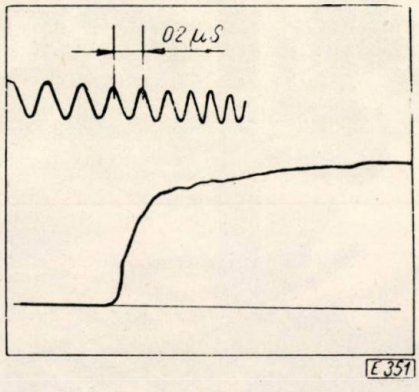


Fig. 4. Răspunsul unui dispozitiv de măsură, prevăzut cu cablu de întîrziere, în absența rezistenței la racordarea divizorului de tensiune.

Fig. 4. Réponse d'un dispositif de mesure muni d'un câble de retardement, en l'absence de la résistance dans la connexion du diviseur de tension.

se folosește un dispozitiv de sincronizare bi- sau tricanal. Cele trei canale servesc : primul la comanda amorsării generatorului de impuls, al doilea la deblocarea spoturilor osciloscopului catodic, al treilea la comanda tăierii undei. Al treilea canal poate lipsi în cazul cînd se comandă tăierea undei de la primul etaj al generatorului de impuls [6]. Sincronizatorul construit de ICET este de tipul bicanal [7], deoarece comanda tăierii undei se realizează prin cuplarea primului etaj al generatorului de impuls cu dispozitivul pentru tăierea undei. În figura 6 se arată o fotografie a sincronizatorului construit de ICET.

3. *Tăierea undei de impuls.* Este cunoscut că unda de impuls tăiată produce, în transformator, o solicitare dielectrică, care poate depăși solicitarea inițială datorită frontului undei. Mărimea solicitării depinde de momentul tăierii undei, de amplitudinea undei tăiate, de mărimea suboscilației. Pînă în prezent nu există recomandări CEI cu privire la tehnica încercărilor cu undă tăiată, ceea ce face ca fiecare țară să execute încercări după practica proprie, care poate fi mai mult sau mai puțin apropiată de solicitarea echipamentului în exploatare.

Este adevărat că tehnica încercării cu unda de impuls tăiată presupune o instrumentație

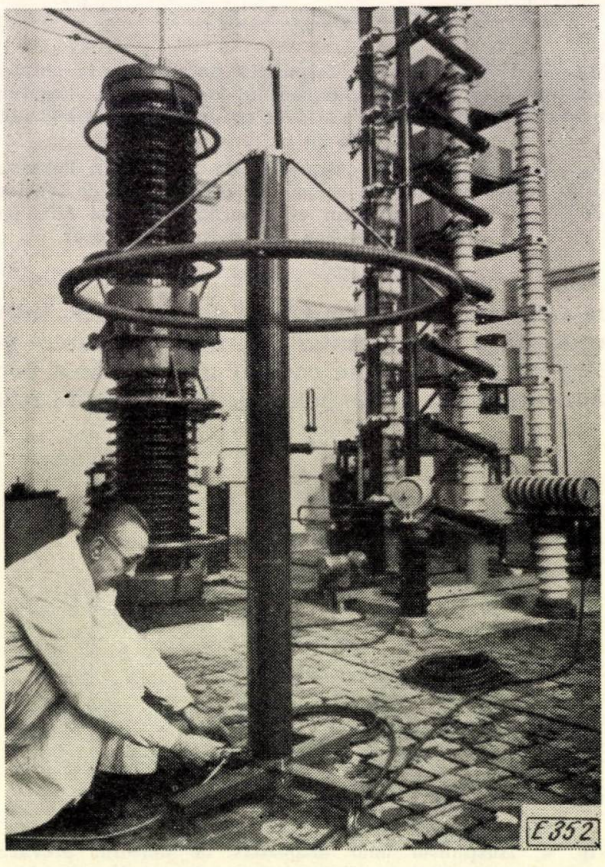


Fig. 5. Divizor de tensiune de 600 kV, 10 kΩ. La partea superioară se vede rezistența de 500 Ω.

Fig. 5. Diviseur de tension de 600 kV, 10 kΩ. On voit, à la partie supérieure, la résistance de 500 Ω.

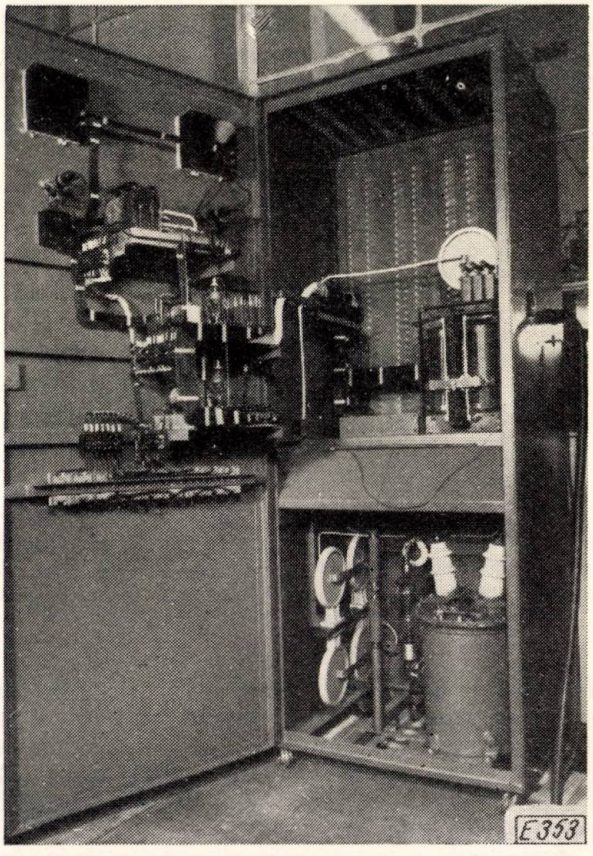


Fig. 6. Sincronizatorul generatorului de impuls de tensiune. Vedere interioară.

Fig. 6. Synchroniseur du générateur d'impulsions de tension. Vue intérieure.

mai pretențioasă decît aceea care se cere la încercările de impuls normale. Astfel se cere ca momentul tăierii undei să nu difere față de normogramă cu mai mult de $\pm 0{,}1$ μs, după unii autori, și cu $\pm 0{,}5$ μs, după alți autori. În cazul depășirii valorilor menționate, apar diferențe între normogramă și oscilogramă, și nu se poate aprecia dacă aceste diferențe provin din cauza defectării izolației sau din cauza schimbării momentului tăierii undei de impuls. Trebuie subliniat că menținerea momentului tăierii undei cu o precizie de $\pm 0{,}1$ μs reprezintă o condiție extrem de severă.

În cadrul ICET s-a elaborat un dispozitiv pentru tăierea undei, a cărei fotografie este dată în figura 7. Dispozitivul a fost construit prin folosirea unui eclator cu diametrul de 500 mm, care a fost prevăzut cu o calotă cu triger. Momentul tăierii undei se reglează printr-o linie artificială de întîrziere. Se obține astfel un reglaj de tăiere cuprins între 0,8 și 4 μs.

4. *Modelarea transformatoarelor.* Proiectarea tipurilor noi de transformatoare și mai ales de autotransformatoare necesită predeterminarea, fie prin calcul, fie prin modelare a solicitărilor dielectrice. Modelul electromagnetic combinat reprezintă astăzi un auxiliar de calcul prețios.

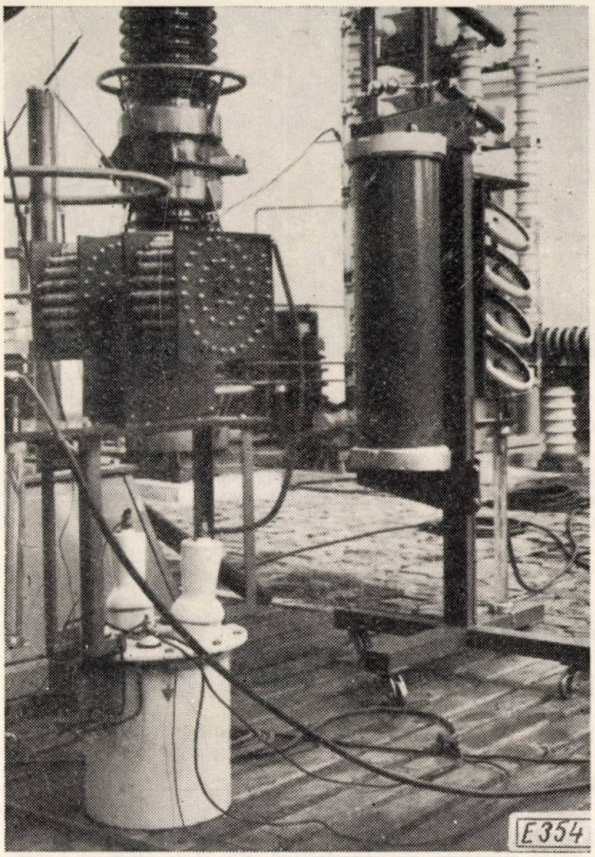


Fig. 7. Dispozitiv pentru tăierea undei de impuls. În prim plan redresorul de 20 kV și condensatorul de 22 000 pF, care constituie sursa auxiliară pentru amorsarea trigerului eclatorului de tăiere.

Fig. 7. Dispositif pour couper l'onde de choc. En premier plan, le redresseur de 20 kV et le condensateur de 22 000 pF, qui constituent la source auxiliaire pour l'amorçage du déclic („trigger") de l'éclateur.

Execuția fizică a acestui model este cu atît mai dificilă, cu cît precizia cerută este mai mare. Realizarea modelului la scara lungimilor 1 : 5 și neglijarea influenței fierului conduc la obținerea unei soluții economice, cu suficientă precizie, chiar pentru cazurile cele mai dificile.

În cadrul ICET s-au realizat aparatura de modelare completă pentru cercetarea repartiției cîmpului electric în transformator la aplicarea undei de impuls. Astfel s-a elaborat un generator de impulsuri repetate [8] cu o tensiune de impuls pînă la 800 V, care reproduce unda de impuls cu fronturi de 1/2 μs pînă la 5 μs. Generatorul este echipat cu un dispozitiv care poate tăia unda la momentul dorit. O deosebită atenție s-a acordat reducerii capacităților parazite ale conductoarelor care duc la plăcile de fenomen. Se poate analiza răspunsul tranzitoriu atît simetric (ambele borne de intrare izolate), cît și asimetric (o bornă izolată și alta conectată la pămînt).

În figura 8 se arată fotografia dispozitivului de impulsuri repetate și a modelului unui autotransformator de 60 MVA, 110 kV ±20%.

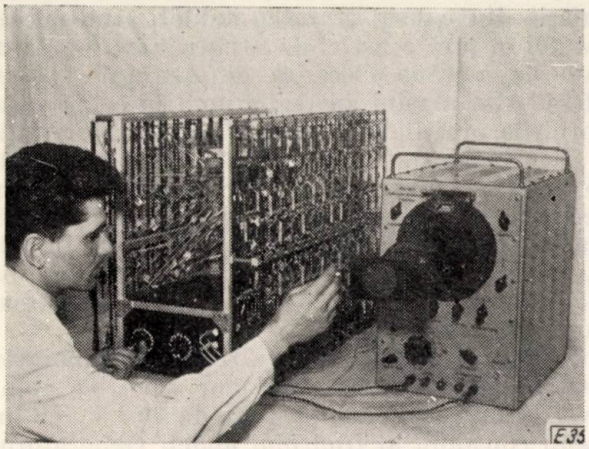


Fig. 8. Generatorul de impulsuri repetate pentru modelarea transformatoarelor.

Fig. 8. Générateur d'impulsions répétées pour les modèles de transformateurs.

Cercetarea supratensiunilor pe acest model a condus la concluzii utile în ce privește protecția înfășurării de reglaj a unui autotransformator mare.

5. *Defectoscopia și încercarea mașinilor electrice rotative.* Numeroase mașini rotative sînt racordate la rețele „expuse" și ca urmare au de

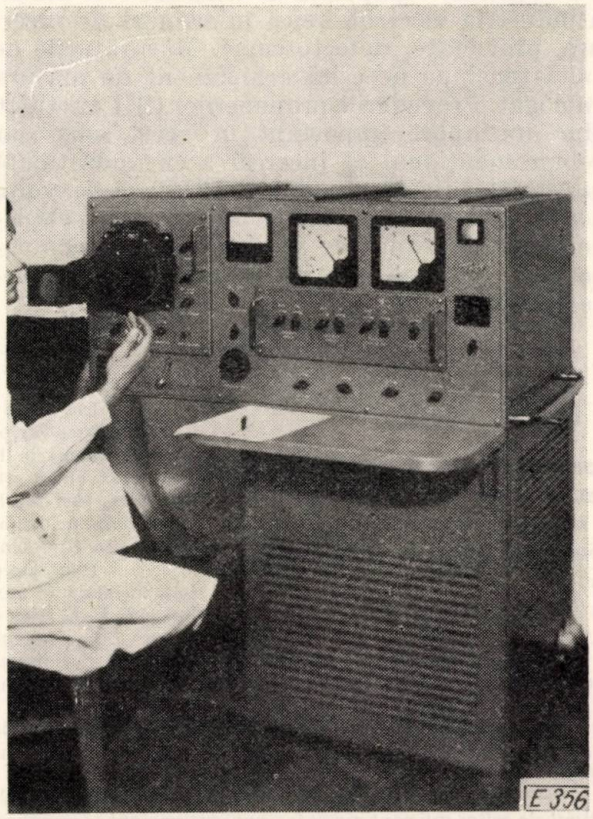


Fig. 9. Generatorul bicanal pentru defectoscopia mașinilor electrice rotative.

Fig. 9. Générateur à deux canaux pour la défectoscopie (détection des défauts) des machines électriques rotatives.

suferit din cauza supratensiunilor atmosferice. La noi în țară o astfel de situație este reprezentată de rețeaua electrică din regiunile petrolifere. Alte mașini au regim greu în ce privește pornirile, opririle și inversarea sensului de rotație și ca urmare sînt supuse unor supratensiuni de comutație. Atenția multor cercetători în ultimul deceniu s-a concentrat pe studiul comportării mașinilor electrice la aplicarea undei de impuls în scopul realizării unor izolații rezistente, fie la supratensiunile atmosferice, fie la supratensiunile de comutație.

În cadrul ICET s-a construit un generator pentru defectoscopia mașinilor electrice rotative, avînd tensiunea la ieșire de 10 kV, cu un reglaj continuu al frontului undei. Generatorul este prevăzut cu „lupă de timp", ceea ce permite examinarea oricărei porțiuni a răspunsului tranzitoriu.

În figura 9, se arată fotografia generatorului menționat, iar în figura 10 oscilograma, care indică nesimetria de bobinaj, cu o singură spiră în scurtcircuit, a unui motor de 4,5 kW, 500 V. După cum indică oscilograma, prezența defectului este suficient de vizibilă. Aici este de menționat că nu există nici standarde naționale și nici recomandări CEI cu privire la încercarea mașinilor electrice rotative la impuls de tensiune.

6. *Concluzii.* Impulsul de tensiune este folosit în industria electrotehnică în scopuri de încercare, proiectare, defectoscopie. Măsurătorile de înaltă tensiune necesită echipament de măsură omologat. Prevederile propunerilor CEI 42 (BC) 6 aduc un aport important în acest sens, dar trebuie menționat că încercarea cu undă tăiată nu este clarificată. În cadrul ICET se dezvoltă lucrări atît în ce privește elaborarea echipamentului de impuls de tensiune cît și a echipamentului de măsură de înaltă tensiune nestandardizat.

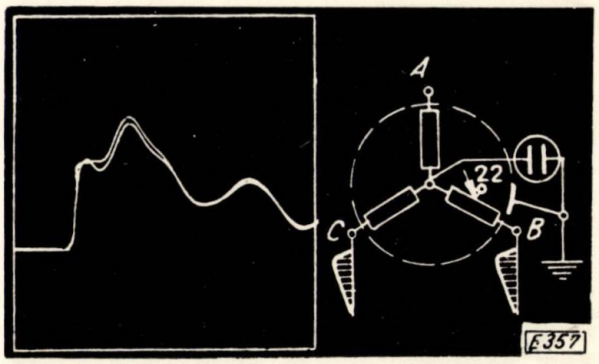


Fig. 10. Schema de principiu și oscilograma la defectoscopia unui motor de 4,5 kW, 500 V. Defectul constă în scurtcircuitarea unei singure spire.

Fig. 10. Schéma de principe et oscillogramme dans la défectoscopie (détection des défauts) d'un moteur de 4,5 kW, 500 V. Le défaut consiste ici en la mise en court-circuit d'une seule spire.

Bibliografie

[1] CEI — Publication 71. Directives pour la coordination de l'insolement. Génève, 1958.

[2] CEI—42 (BC) 6 Proiect. Recomandations pour la technique des essais à haute tension, 1960.

[3] Stenkvist, K. E. Essais de choc en onde coupée. CIGRÉ, 1956, rap. 143.

[4] Mamiconiant, L. G. Încercarea izolației spirelor mașinilor electrice. Ed. energetică de stat, Moscova-Leningrad, 1959.

[5] Abetti, P. A. Méthodes pour l'étude des tensions anormales dans les transformateurs. Bul AIM **70**, 1957, 851—904.

[6] Auth, W., Schindelin, H. Verfahren zur Steuerung der Abschneidezeit einer abgeschnittenen Stosswlle, ETZ-A **76**, 1955, 11, 386—388.

[7] Hortopan, Gh. Dispozitiv pentru sincronizarea generatorului de impuls de tensiune cu oscilograful catodic. Electrotehnica, **6**, 1958, 4, 126—130.

[8] Cleja, Vl. Generator de impulsuri repetate. Electrotehnica, **8**, 1960, 171—177.

RÉSUMÉ

Contribution de l'Institut de Recherches Electrotechniques à la résolution des problèmes soulevés par les essais aux chocs.

Les essais aux chocs des équipements électriques à haute tension constituent un des problèmes les plus difficiles.

Dans la République Populaire Roumaine, l'apparition de la nécessité des essais aux chocs est une conséquence du développement, durant le régime de démocratie populaire, des fabriques d'équipement électrique à haute tension. Afin de réaliser ces essais dans de bonnes conditions, l'Institut de Recherches Electrotechniques (ICET) a élaboré un équipement spécial, destiné aux essais aux chocs de tension et de courant.

Pour enregistrer les tensions de choc, l'ICET a construit des diviseurs de tension, satisfaisant aux conditions techniques contenues dans le projét de Recommandation C.E.I. 42 (BC) 6. On montre que l'utilisation du câble de retardement entre le diviseur et l'oscillographe ne peut plus être accepté selon la recommandation mentionée.

La commande synchrone du générateur d'impulsion est réalisée au moyen d'un synchroniseur à deux canaux, parce que la commande de l'interruption synchrone de l'onde de choc provient du premier étage du générateur d'impulsions.

Le modèle électromagnétique combiné représente un auxiliaire de calcul, utilisé à l'élaboration des projéts de transformateurs à haute tension. Dans le domaine de l'emploi des modèles, on a aussi réalisé un générateur d'impulsions répétées, de 800 V, muni d'un dispositif pour couper l'onde, ayant une petite capacité d'entrée et des possibilités d'analyse symétrique et asymétrique.

La recherche des défauts par ce que nous appelons défectoscopie et les essais des machines electriques rotatives, surtout de celles qui sont exposées aux surtensions atmosphériques, constituent une autre préoccupation de l'ICET, qui a même construit un générateur d'impulsions répétées ayant la tension de sortie de 10 kV, et un réglage continu du front de l'onde, muni d'un ralentisseur. Cet appareil permet de détecter un défaut du au court-circuit d'une seule spire, dans une machine de 4,5 kW, 500 V.

On insiste sur la necessité d'élaborer des recommandations de la C.E.I., aussi bien pour l'essai des transformateurs par onde coupée, que pour l'essai des machines électriques par ondes de choc.

CZ. 621.312 : 621.39 (498) (09)

Dezvoltarea industriei electronice în R.P.R.

Conf. ing. **Dumitru F. Lăzăroiu**

Directorul uzinelor „Electronica" — București

La efectuarea naționalizării (iunie 1948), industria electronică în țara noastră era practic inexistentă. În afară de cîteva ateliere, sucursale ale societăților străine Philips, Standard etc., mai existau puține ateliere mici autohtone. Aproape întreaga activitate industrială a lor consta în asamblarea unor aparate pornind de la piese importate în întregime, precum și în întreținerea unora dintre acestea.

Deosebit de elocvent în această privință este exemplul fostelor ateliere ale societății Philips, care au fost construite cu minimum de investiții, în scopul de a folosi mînă de lucru ieftină și a ocoli barierele vamale. Toate piesele folosite, pînă la ultimul șurub, erau aduse din Olanda. De aceea nici nu exista un corp tehnic sau laboratoare.

După preluarea de către statul democrat-popular a acestor întreprinderi, situația s-a schimbat fundamental. La început s-au comasat întreprinderi mici, apoi, pe baza unui plan larg de dezvoltare, s-au efectuat investiții care au adus fabrica „Vestitorul" la rangul uzinei „Electromagnetica" și fabrica „Radio popular" la rangul uzinelor „Electronica".

În cei aproape 14 ani care s-au scurs de la naționalizare, industria electronică de la noi a trecut printr-o dezvoltare vertiginoasă.

Fabricile și uzinele au fost sprijinite prin înființarea Institutului de cercetări electrotehnice (ICET), a Institutului de fizică atomică (IFA) și a Laboratorului central de telecomunicații (LCT). În felul acesta a fost posibilă realizarea unor producții de serie mare care se bizuia din ce în ce mai puțin pe import.

Vrednic de subliniat este faptul că încă de la început s-a trasat sarcina de a se trece la o integrare totală a produselor.

Un aport deosebit în această privință l-a adus ICET. În cadrul acestui institut s-au realizat materiale, piese și aparate noi și s-au pregătit specialiști pentru domenii de activitate cu totul noi. Trebuie subliniată astfel contribuția adusă de inginerii de la ICET la studiul materialelor semiconductoare, a elementelor redresoare, a magneților ceramici (Baferit) și a miezurilor pentru bobine de R.F., F.I. etc. (Maferit și Niferit).

Alte institute de la care industria a primit un sprijin prețios sînt Institutul de fizică atomică și Institutul de fizică al Academiei R.P.R. Laboratoarele de electronică ale acestor institute au contribuit la studiul tranzistoarelor, thiristoarelor, termistoarelor, generatoarelor Hall etc. De asemenea în cadrul Institutului de fizică atomică s-au proiectat și realizat numeroase aparate electronice de măsură și control, precum și elemente de automatizare.

Mai trebuie amintite contribuțiile laboratoarelor de electronică ale Institutului politehnic-București și Institutului politehnic-Timișoara, în cadrul cărora s-au elucidat numeroase probleme teoretice.

În sfîrșit un rol de seamă i-a revenit I.D.T. și Editurii tehnice, care într-un timp destul de scurt au tipărit un vast material documentar atît de necesar pregătirii specialiștilor.

O activitate complexă și interesantă au avut și laboratoarele Ministerului Transporturilor și Telecomunicațiilor (L.C.T.) în care munca de laborator s-a împletit și cu o activitate de producție de serie. În cadrul acestor laboratoare s-au realizat, în afară de unele echipamente de telecomunicații, și materiale și piese radio. Astfel s-au realizat circuite magnetice din ferite moi, s-au realizat condensatoare cu mică, magnetofoane etc.

În cadrul Laboratorului central de televiziune a fost realizată încă în anul 1955 o stație experimentală de televiziune pe canalul I. S-au construit diferite camere de luat vederi și un număr important de radiorelee (legătura T.V. București — Bacău), sisteme cu impulsuri modulate prin poziție pentru telefonie, un radioreleu pe microunde și altele. De asemenea s-au realizat stații de retranslație pentru televiziune.

Este demnă de semnalat și activitatea rodnică dusă de diferite institute din țară pentru realizarea mașinilor electronice de calcul. Primele cercetări în domeniul calculatoarelor electronice numerice efectuate în țară s-au desfășurat, începînd din anul 1952, în cadrul Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R. și au condus la realizarea în cadrul acestui institut a trei calculatoare numerice (CIFA 1—3). Cercetări și realizări în domeniul calculatoarelor numerice se efectuează și la Institutul politehnic din Timișoara (unde se construiește calculatorul MECIPT) și la Institutul de calcul din Cluj.

În domeniul calculatoarelor analogice, primele cercetări efectuate în țară au început, aproape simultan (în jurul anului 1956), la Institutul de energetică al Academiei R.P.R. și la Academia Militară Tehnică. Ele au condus la realizarea calculatoarelor analogice CAU 1 (executat în cadrul întreprinderii ARMT) și MECAN—1 (construit în cadrul Institututului de energetică al Academiei R.P.R.). Pe aceeași linie s-au efectuat cercetări și realizări în cadrul Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R. (Calculatorul SER—1), al Institutului de Fizică atomică din Cluj, al Institutului politehnic București și al Institutului pedagogic din Timișoara.

O fază nouă în dezvoltarea calculatoarelor analogice din țara noastră este reprezentată de calculatorul MECAN—2, în curs de construcție la o serie de întreprinderi din țară după proiectul și sub coordonarea Institutului de energetică al Academiei R. P. R. Calculatorul MECAN—2 se distinge atît prin posibilitățile sale sporite de calcul cît și prin utilizarea într-o mai mare măsură a resurselor industriei noastre electronice. Un rol deosebit în realizarea acestui calculator revine uzinelor „Electronica", în cadrul cărora se realizează partea electronică a calculatorului, folosind posibilitățile oferite de utilajul modern al uzinelor (cablaje imprimate, condensatoare de volum mic și înaltă calitate etc.).

O dată cu dezvoltarea celorlalte ramuri ale industriei, aplicarea tehnicii noi a cerut din ce în ce mai mult aportul electronicii. La început cerințele de automatizare a producției au fost realizate cu sprijinul Institutului de cercetări electrotehnice, Institutului de fizică atomică și uzinelor „Electronica".

În lumina fabricației de mare serie, rolul cel mai important îl dețin uzinele „Electromagnetica" — pentru utilaje de telecomunicații, și uzinele „Electronica" — pentru fabricarea pieselor și aparatelor de recepție pentru radio. Existența acestor linii principale nu împiedică însă ca activitatea în aceste uzine să fie multilaterală.

Astfel, de exemplu, uzinele „Electromagnetica" realizează și o serie de bunuri de larg consum, iar uzinele „Electronica" construiesc aparataj de electronică industrială de autoutilare și elemente de automatizare.

Pînă nu de mult la fabrica „Radio Popular" s-au executat numeroase utilaje și aparate electromedicale (instalații Röntgen, aparate pentru diatermie dentară, bisturie electronice etc.). Ulterior, unitatea în care se construiau aceste aparate a fost transferată la întreprinderea „Electrotehnica". Aceasta, împreună cu Industria optică romînă (IOR) și cu Industria tehnică medicală (ITM), asigură clinicilor și spitalelor o însemnată parte din aparatajul electromedical.

Prin crearea întreprinderilor specializate și prin mărirea suprafeței de fabricație a uzinelor existente s-au creat premisele trecerii la fabricația de mare serie.

Deosebit de elocventă este dezvoltarea uzinelor „Electronica". Așa cum s-a mai arătat, pornind de la atelierele de montaj „Philips", după naționalizare prin comasare cu alte cîteva întreprinderi, s-a creat fabrica „Radio Popular". Dotarea acesteia a permis ca în anul 1949 să se fabrice primul radioreceptor romînesc „Record". Fiind la început, atît acest receptor cît și alte cîteva dintre tipurile următoare au fost realizate cu sprijinul U.R.S.S. În anii care au urmat producția a crescut rapid. Astfel, de la 18 400 aparate realizate în 1949 s-a ajuns la 167 800 aparate în 1959, adică numărul lor a crescut de 9,2 ori. În aceeași perioadă producția globală a crescut de aproape 16 ori. În anul 1961 pe poarta întreprinderii ieșea aparatul cu numărul de serie 1 000 000.

Pentru a se putea realiza aceste obiective s-au mărit suprafețele productive, s-au reînnoit utilajele, a crescut numărul salariaților și s-a creat un important corp tehnic de specialitate. În felul acesta a fost posibilă trecerea spre o producție complet asimilată. Munca de asimilare și-a dat primele roade în anul 1954 o dată cu punerea în fabricația de serie a difuzoarelor de concepție proprie. A urmat fabricarea magneților metaloceramici, a potențiometrelor (fig. 1), a filtrelor de F.I., a comutatoarelor tip claviatură, a condensatoarelor cu hîrtie, a condensatoarelor variabile etc. Astfel a fost posibilă realizarea în anul 1958 a primului radioreceptor romînesc „Opereta". Doi ani mai tîrziu, 94% din producție a fost realizată cu aparate de concepție proprie.

Datorită sprijinului acordat de stat, suprafața de producție a crescut foarte mult prin construirea unor noi clădiri. Transformările

uriașe prin care a trecut fabrica „Radio Popular" a condus la noua denumire, aceea de uzinele „Electronica".

Una dintre principalele sarcini puse în fața uzinelor „Electronica" a fost trecerea spre integrarea completă a producției. Într-un timp foarte scurt s-au realizat un nou tip de condensator variabil și o serie întreagă de comutatoare cu claviatură, un bloc de UUS (unde ultrascurte) etc.

La toate aceste piese s-au folosit metode de fabricație moderne. Dintre acestea trebuie citată folosirea pe scară largă a reperelor din materiale plastice de injecție (polistiren, polietilenă etc.).

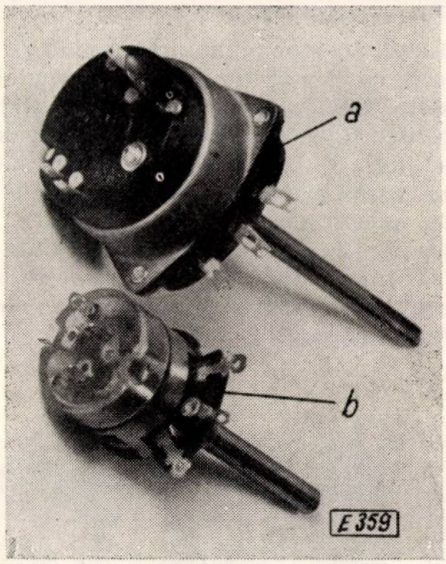


Fig. 1. Potențiometre chimice :
a – cu întreruptor tip P 20 351 ; *b* – cu gabarit redus tip P 20 659.

Fig. 1. Potentiomètres chimiques :
a – à interrupteur du type P 20 351 ; *b* – à encombrement réduit du type P 20 659.

Astăzi, la uzinele „Electronica" se fabrică toate piesele necesare radioreceptoarelor, astfel :

— rezistențe de 0,25 W, 0,5 W, 1 W și 2 W, având valori cuprinse între 10 Ω și 10 MΩ ;

— condensatoare într-o gamă foarte variată de valori și tensiuni de tipul ceramic (tubulare, disc și plachetă), styroflex, hîrtie (metalizată, cerată, impregnată cu ulei) și electrolitice (filtraj și miniaturizate pentru tensiuni joase) ;

— transformatoare de rețea, de ieșire și de frecvență intermediară (fig. 2) ;

— potențiometre chimice și bobinate ;

— condensatoare variabile ;

— comutatoare de undă de tip claviatură (fig. 3) ;

— difuzoare cu radiație directă, circulare și eliptice, având puteri cuprinse între 0,25 W și 12,5 W ;

— socluri, butoane, siguranțe etc.

Totodată a început și fabricația cablajelor imprimate.

Concomitent s-a dezvoltat și fabricația receptoarelor cu tuburi. După radioreceptorul Enescu,

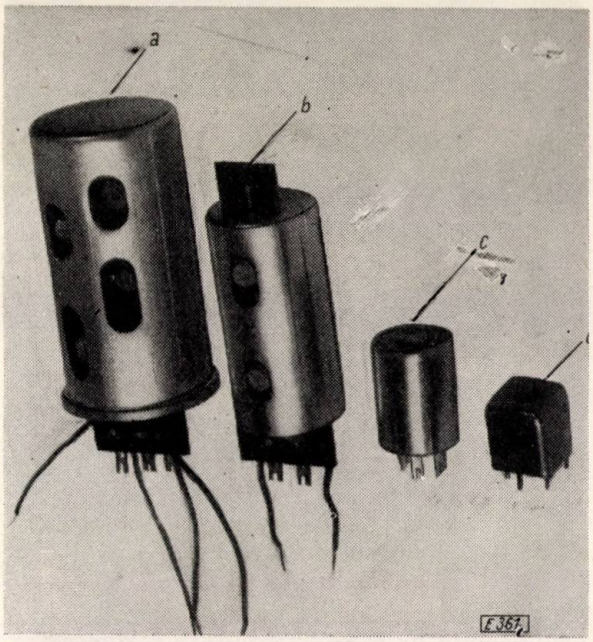


Fig. 2. Transformatoare de frecvență intermediară :
a – „Enescu" tip P 30 976 ; *b* – „Fantezia" tip P 42 020 ; *c* – „Litoral tip P 31 012 ; *d* – „Turist" tip P 31 159.

Fig. 2. Transformateurs de fréquence intermédiaire :
a – „Enescu" type P 30976 ; *b* – „Fantezia" type P 42020 ; *c* – „Litoral" type P 31012 ; *d* – „Turist" type P 31159.

primul receptor de clasa a II-a și totodată primul receptor care permite recepționarea emisi-

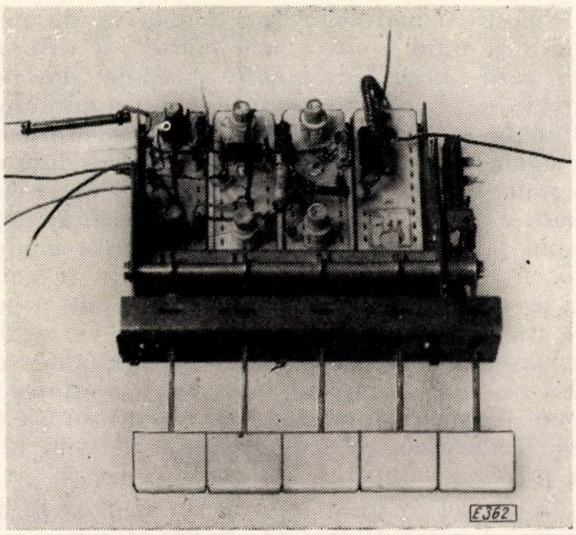


Fig. 3. Ansamblu de radiofrecvență „Fantezia" tip P 20 613.
Fig. 3. Ensemble de radiofréquence „Fantezia" type P20 613.

unilor cu modulație de frecvență, au urmat receptoarele „Opera", „Modern" și combinele muzi-

cale „Electronica" și „Orfeu". Pentru echiparea acestora s-au pus în fabricație pe bază de seturi o serie de magnetofoane.

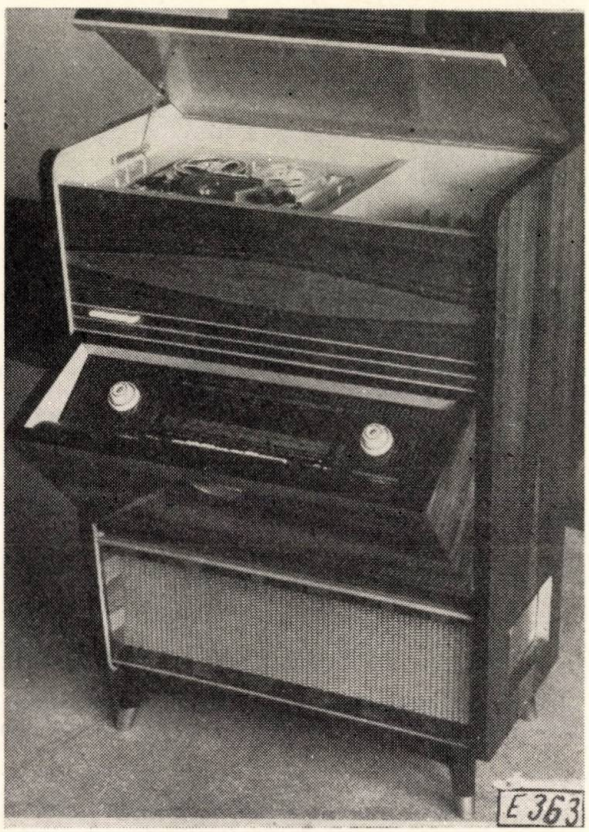


Fig. 4. Combina muzicală „Orfeu".
Fig. 4. L'ensemble musical „Orfeu".

Folosirea modulelor funcționale va da posibilitatea unui control mai eficace al calității, realizării unor însemnate decalaje de producție și în special reducerii la minimum a timpului și cheltuielilor de punere în fabricație a noilor tipuri de radioreceptoare. Totodată ele permit descongestionarea benzilor de asamblare a aparatelor, precum și un depanaj făcut rapid și ușor. Bineînțeles toate aceste module vor fi normalizate pentru a permite folosirea cu ușurință a aceluiași bloc la mai multe tipuri de radioreceptoare. În felul acesta va scădea numărul de tipuri de blocuri fundamentale fără să scadă numărul tipurilor de radioreceptoare și va crește numărul de blocuri de același tip. Toate acestea sînt avantaje nete în ceea ce privește reducerea prețului de cost.

În paralel cu aceste eforturi în uzină se desfășoară o largă activitate de îmbunătățire a calității și a aspectului produselor. S-au făcut probe și s-au elaborat metode de tropicalizare a pieselor și subansamblurilor.

Se studiază ultimele îmbunătățiri obținute pe plan mondial astfel ca într-un viitor apropiat produsele noastre să poată fi prezentate cu succes pe piața internațională.

Astfel, ultimele combine și chiar receptoarele de clasă superioară demonstrează năzuința obținerii unor audiții de înaltă fidelitate (fig. 4). Pentru aceasta au fost create diferite tipuri de difuzoare, registre de tonalitate, și s-au studiat performanțele electroacustice ale sistemelor de difuzoare montate în combine. De asemenea se studiază amplificatoarele stereofonice.

Printr-o evoluție similară cu aceea a uzinelor „Electronica" au trecut și uzinele „Electromagnetica"

Pornind de la fabrica „Standard", s-a dezvoltat fabrica „Vestitorul" devenită apoi uzinele „Electromagnetica".

Producția acestor uzine a crescut și ea necontenit, atît ca număr de piese produse, cît și ca sortimente. Deși la început ea a fost dotată cu utilaj pentru fabricarea posturilor centralelor telefonice (fig. 5) pe linia lărgirii sortimentelor acestora, uzina a mai realizat aparate de radiorecepție, interfoane, celule redresoare pentru diferite aparate, redresoare pentru băile galvanice, instrumente de măsură (voltmetre, ampermetre, contoare), stații de amplificare, elemente de automatizare etc.

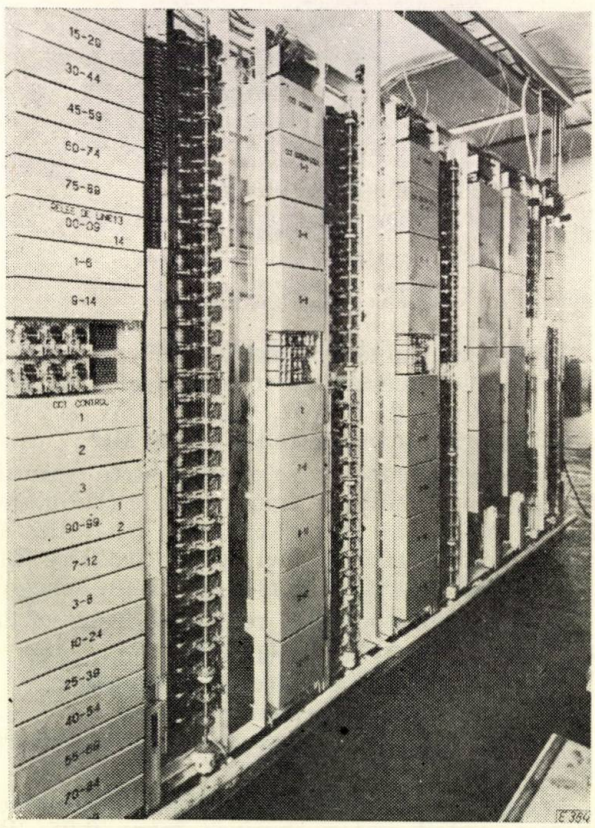


Fig. 5. Centrală telefonică automată tip Rotary.
Fig. 5. Centrale téléphonique automatique du type Rotrya.

S-au efectuat cercetări asupra feritelor cu ciclu de histerezis dreptunghiular și s-au studiat registre magnetice pentru centrale telefonice cu comenzi fără contacte.

S-au produs și bunuri de larg consum (lanterne electrice de buzunar cu acumulatoare).

Ca și la uzinele „Electronica", s-au făcut însemnate investiții pentru mărirea suprafeței de producție, pentru modernizarea utilajului; a crescut numărul de salariați și calificarea acestora.

Faptul că în prezent în R.P.R. se desfășoară o bogată activitate în domeniul electronicii, că producția de serie crește într-un ritm vertiginos, o dată cu lărgirea sortimentului și creșterea calității produselor, se datorește în întregime aplicării unei planificări raționale și importanței deosebite acordată de către conducerea de stat și de partid acestui domeniu de activitate.

Pentru colectivele de muncă sînt deosebit de mobilizatoare Directivele trasate de Congresul al III-lea al P.M.R.

Sub conducerea partidului s-au obținut realizări deosebite în revoluția culturală din R.P.R. Numeroase produse sînt prezentate la un nivel tehnic înalt comparabil cu realizările tehnice pe plan mondial. Indicațiile date de partid cu privire la introducerea tehnicii noi și a ridicării calității produselor, orientarea justă în privința dezvoltării industriei electronice, sprijinul permanent acordat de organizațiile de partid, precum și exemplul personal al comuniștilor sînt elemente mobilizatoare care dau ritmului de dezvoltare un aspect vertiginos.

Participarea cu pasiune a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor la procesele de producție a asigurat traducerea în viață a tuturor prevederilor planului și depășirea sarcinilor de plan.

În felul acesta sîntem siguri că în cîțiva ani industria electronică din R.P.R. va deveni o industrie de frunte ale cărei produse vor fi din toate punctele de vedere la nivelul cerințelor omului nou care construiește socialismul.

RÉSUMÉ

Développement de l'industrie électronique roumaine

L'industrie électronique roumaine a commencé d'exister et de se développer à partir de la nationalisation, en juin 1948.

Les quelques ateliers, où l'on montait des appareils électroniques avec de pièces d'importation, ont été groupés et ont constitué les noyaux d'établissements industriels, pour le développement desquels l'état démocratique populaire a fait des investissements considérables. Dans les 14 années écoulées depuis, le développement des entreprises „Electromagnetica" et „Electronica" a été vertigineux.

Ces fabriques ont joui de l'appui réel que leur ont accordé les instituts de recherches dont les domaines d'activité s'étendent aussi à cette spécialité, à savoir: L'Institut de Recherches Electrotechniques (ICET), l'Institut de Physique Atomique (IFA) et le Laboratoire Central de Télécommunications (LCT). Ces Instituts ont élaboré des matériaux semiconducteurs et magnétiques nouveaux, ont préparé des spécialistes (à tous les niveaux), ont réalisé des modèles et des prototypes d'appareils, qui ont été ensuite produits en série par les fabriques.

Dans plusieurs instituts de recherches et d'enseignement supérieur on a élaboré et réalisé des calculatrices digitales et analogiques et actuellement ont est en train de fabriquer un type amélioré de calculatrice analogique (MECAN-2).

La spécialisation des entreprises et l'extension des superficies de fabrication ont créé les conditions nécessaires pour passer à la fabrication en grandes séries. La production globale des Usines „Electronica" a augmenté, durant les années 1949—1959, dans le rapport de 16/1 et, en 1961, elles ont produit l'appareil de réception radiophonique portant le numéro de série 1 000 000.

Le nombre des éléments et des sous-ensembles construits selon des conceptions propres s'est accru sans cesse et, depuis 1960, tous les appareils de réception sont construits selon des plans et des conceptions roumaines, avec des matériaux de fabrication indigène. La seule exception est constituée par les tubes électroniques qui sont importés.

On a commencé la fabrication de cellules fonctionelles normalisées, ce qui permettra d'utiliser la même cellule dans plusieurs types de récepteurs.

On prévoit l'intégration complète de la production: le renoncement à l'importation de pièces et d'ensembles de pièces; la réduction du nombre de types et l'augmentation des séries de fabrication.

Les autres usines à caractère électronique ont suivi une évolution similaire. Leur production s'est accrue continuellement, leurs assortiments se sont multipliés, la qualité de leurs produits s'améliore tout le temps. Les Usines „Electromagnetica" produisent, outre des appareils et des centrales téléphoniques, des redresseurs, des appareils de mesures, des stations d'amplification, des éléments électroniques pour les automatisations. On prépare la fabrication des registres magnétiques pour les centrales téléphoniques sans contacts, ainsi que plusieurs autres appareils.

NOTE

Asupra recomandărilor CEI privind condensatoarele de putere

Producţia de condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere s-a dezvoltat intens în ultimii ani în R.P.R., şi fabricaţia actuală se axează pe seria unitară elaborată de către ICET şi FCME. Condiţiile tehnice ale acestei serii unitare se încadrează în specificaţiile CEI, publicaţiile 70—1 şi 70—2 din 1954.

În ianuarie 1961 Comitetul de studii nr. 33 (Condensatoare de putere) a întocmit un nou proiect de specificaţii.

Pe scurt, vom căuta să relevăm deosebirile de bază dintre cele două publicaţii ale Comitetului 33 CEI şi părerea noastră faţă de ultimul proiect de specificaţii.

1. Generalităţi

Domeniul de aplicaţii al publicaţiei din 1954 se referea la condensatoarele şi bateriile de condensatoare destinate a fi racordate la o reţea alternativă de joasă sau înaltă tensiune, de o frecvenţă mai mică decît 100 Hz şi servind la:

— ameliorarea factorului de putere;

— cuplajul cu alte sisteme electrice la protecţie contra supratensiunilor şi alte aplicaţii în curent alternativ de joasă frecvenţă.

Publicaţia din 1961 limitează domeniul de aplicaţii la condensatoarele sau bateriile de condensatoare lucrînd la frecvenţe sub 100 Hz, însă destinate numai corectării factorului de putere. În mod expres se specifică că alte tipuri de condensatoare nu intră în prevederile publicaţiei şi anume: condensatoarele cu hîrtie metalizată, condensatoarele serie (pentru compensarea longitudinală a liniilor de medie şi joasă tensiune), condensatoarele de cuplaj sau divizorii de tensiune capacitivi, condensatoarele folosite la tuburile fluorescente şi în fine condensatoarele pentru demarajul motoarelor.

Considerăm că limitarea prevăzută în publicaţia din 1961 are un caracter de precizare. Condensatoarele pentru îmbunătăţirea factorului de putere se deosebesc substanţial de condensatoarele mai sus specificate. Legat de cele de mai sus credem că denumirea specificaţiei 1961 şi anume „condensatoare de putere" ar trebui modificată în „condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere". Vechea publicaţie avea denumirea „condensatoare de reţea", care considerăm că nu mai corespunde.

În publicaţia din 1954 limita maximă a temperaturii ambiante era de +40°C cu specificarea următoarelor temperaturi medii ale mediului ambiant: zilnică nedepăşind + 30°C şi anuală nedepăşind + 20°C.

Proiectul din 1961 prevede trei categorii de temperaturi maxime ale mediului ambiant: 40, 45 şi 50°C. Categoriile de temperaturi introduse în plus se referă la condiţii climatice speciale. Pentru R.P.R. nu se pune problema limitelor noi de temperatură, rămînînd la valoarea maximă a mediului ambiant de 40°C. Totuşi ţinînd seama că în viitorul apropiat vom exporta condensatoare în ţări cu climat tropical, în standardul respectiv vor figura şi aceste noi temperaturi.

2. Reguli de securitate

Proiectul nou de specificaţii CEI prevede o clauză specială (4.2) cu privire la dispozitivul de descărcare necesar condensatoarelor unitare legate în serie. Datorită efectului cumulativ al tensiunilor reziduale, dispozitivele de descărcare montate în interiorul sau exteriorul fiecărui condensator unitar nu sînt suficiénte pentru asigurarea unei descărcări rapide a întregii baterii înseriate. Din această cauză s-a prevăzut în proiect ca dispozitivele de descărcare ale acestor condensatoare unitare să fie astfel calculate, încît durata de aducere a tensiunii reziduale de la valoarea de vîrf la tensiunea de 50 V să fie de maximum 90 secunde (spre deosebire de condensatoarele neînseriate cărora li se admite un timp mai mare de descărcare, respectiv 5 minute).

În urma observaţiilor unor comitete electrotehnice naţionale, care au relevat faptul că în cazul bateriilor de condensatoare cu tensiuni foarte mari, constanta de timp de 90 secunde (pentru condensatorul unitar) este totuşi prea mare — s-a modificat prevederea respectivă.

Astfel s-a propus montarea unui dispozitiv suplimentar, exterior de descărcare şi care trebuie să fie legat direct la bornele echipamentului sau ale bateriei de condensatoare.

În cadrul seriei unitare elaborate în R.P.R., bateriile de 6,3 kV sînt realizate prin înserierea de condensatoare unitare. Considerăm din punctul nostru de vedere că ultima prevedere este cea corespunzătoare.

3. Reguli de calitate şi încercări

3.1. La încercările de tip s-au introdus în plus, în publicaţia 1961, *încercările sub tensiune alternativă între borne şi cuvă (în stare uscată şi sub ploaie)*. Încercările sub ploaie se fac la condensatoarele de tip exterior. Condiţiile ploii artificiale şi metoda de încercare propriu-zisă corespund publicaţiei CEI de specialitate. În cadrul seriei noastre unitare, condensatorul de 6,3 kV este de tip exterior şi considerăm că va trebui să introducem şi încercarea izolaţiei sub ploaie artificală.

De menţionat că încercarea în curent alternativ între bornele legate în scurt circuit şi cuvă este prevăzută şi ca probă individuală. Deosebirea constă în faptul că la încercarea individuală, durata poate să fie de minimum 10 secunde (pînă la un minut) pe cînd la încercarea de tip, durata este de un minut. Întrucît pentru seria unitară încercarea individuală se face cu durata minimă de 10 secunde, apreciem că încercarea timp de un minut va trebui să fie introdusă ca probă de tip.

3.2. *Măsurarea pierderilor în condensator.* În noul proiect este prevăzută această măsurare atît ca probă individuală cît şi ca probă de tip.

Proba individuală se poate face la tensiuni şi frecvenţe diferite de cele nominale cu obligaţia folosirii unor factori de corecţie care să fi făcut obiectul unui acord între fabricant şi cumpărător.

De menţionat că asupra prevederii măsurării pierderilor în condensatoare au fost obiecţii ale unor comitete naţionale, propunîndu-se efectuarea de măsurători-sondaje, însă la temperaturi mai mari decît cele normale (ale mediului ambiant).

Din experienţa noastră, am constatat că: şarja de condensatoare care a folosit acelaşi tip de materiale (şi în special dielectrice) şi a fost supusă aceluiaşi regim tehnologic (de presare a pachetului de bobinaje deshidratate şi impregnare) valorile pierderilor în condensatoarele întregii şarje nu variază cu mai mult de $\pm 5\,\%$.

Din această cauză considerăm că măsurarea pierderilor ar trebui să se facă numai pe cîte două condensatoare din fiecare şarjă.

Proba de tip, în publicaţia din 1954, avea un caracter facultativ şi se făcea în urma unui acord prevăzut între constructor şi cumpărător. În noua publicaţie, proba de tip a pierderilor are un caracter obligatoriu şi se face imediat după terminarea încercării de stabilitate termică (la temperatura atinsă în cursul încercării de mai sus). S-a mai făcut o propunere în sensul că se poate face această măsurătoare de tip independent de încercarea la stabilitate termică şi atunci condensatorul trebuie adus la temperatura de 75°C.

Considerăm că proba de tip trebuie făcută la sfîrşitul încercării de stabilitate termică, iar valoarea pierderilor respectiv a factorului de prevedere $\mathrm{tg}\delta$ să fie limitată de acordul între constructor şi cumpărător, respectiv în R.P.R. de către norma internă aprobată de principalii beneficiari.

3.3. *Încercarea de stabilitate termică* este prevăzută ca probă de tip în ambele publicaţii. În prima publicaţie proba constă în menţinerea condensatorului într-o încăpere normal ventilată şi la o temperatură a mediului ambiant de $35 \pm 3\,\%$ timp (T) de 48 ore. Tensiunea ce se aplică este egală cu 1,2 ori tensiunea nominală la frecvenţa nominală. La intervalele $= T/3$, $T/2$ şi T se măsoară $\mathrm{tg}\delta$ şi se impune condiţia ca:

$$\mathrm{tg}\delta_1 \geqslant \mathrm{tg}\delta_2 \geqslant \mathrm{tg}\delta_3$$

În noua publicaţie se impune ca temperatura mediului ambiant (la care se

face încercarea) să fie cu 5°C mai mare decît limita superioară a categoriei de temperatură din care face parte condensatorul respectiv. Timpul de menținere este tot de 48 ore și la fel $U_{inc} = 1{,}2\ U_{min}$. Măsurătorile tg δ se vor face numai în ultimele 10 ore și la intervale de cîte o oră. Creșterea factorului de pierderi tg δ nu trebuie să depășească gradul de insensibilitate al aparatului de măsură, respectiv nu trebuie să fie mai mare de $\pm 10^{-7}$. Dacă se observă o variație mai mare se continuă încercările pînă ce se produce stabilizarea sau străpungerea termică.

Considerăm că ultimele prevederi — care în esență sînt mai severe — sînt justificate prin tendința creșterii duratei de viață a condensatoarelor. După experiența noastră reiese că procentajul principal de clacări se datorește străpungerii termice. Considerăm că textul propus în ultima publicație este corespunzător.

3.4. *Încercarea la impuls între borne și cuvă.* În vechiul text, erau prevăzute a fi încercate la impuls condensatoare cu tensiuni nominale de izolații începînd de la 3,5 kV. În noul text această limită a scăzut la 0,6 kV. Totodată se specifică că vor fi supuse acestei probe (de tip) numai acele prototipuri de condensatoare care vor fi utilizate în situații expuse. Considerăm că aceste situații se referă la condensatoarele de tip exterior supuse supratensiunilor datorite fenomenelor atmosferice.

În publicația din 1961, proba de mai sus se referă la trei tipuri de condensatoare, cu următoarele propuneri de încercări:

1. Cu toate bornele izolate față de cuvă (încercarea se face între bornele legate între ele și cuvă).
2. Cu o bornă legată în permanență de cuvă, iar aceasta izolată față de masă printr-un izolator-suport (încercarea se face între bornele legate între ele și masă).
3. Cu o bornă legată în permanență față de cuvă și aceasta neizolată față de masă (încercarea se face pe o cuvă de condensator cu izolatorul montat, însă fără a avea în interior pachetul de bobinaje. Tensiunea de impuls se aplică între bornă și cuvă).

În primul caz se încearcă la impuls întreaga izolație dintre pachetul de bobinaje și cuvă (incluzînd și izolatoarele de trecere). În schimb în celelalte două cazuri nu se încearcă decît izolatoarele suport sau de trecere care pot fi încercate separat.

Considerăm ca în redactarea finală să se menționeze că această încercare trebuie să se facă numai la condensatoarele de tip exterior și cu bornele izolate față de cuvă.

3.5. *Încercarea de descărcare.* În publicația din 1954 această încercare se prevedea să se facă în curent continuu, condensatoarele încercîndu-se la tensiunea corespunzătoare încercării la impuls și descărcîndu-se printr-un eclator situat în apropiere. Încercarea trebuie să se facă de două ori într-un minut.

În noua specificație — ținîndu-se seama probabil din experimentări, că valoarea tensiunii de încercare specificată inițial este nejustificat de mare — se propune ca această tensiune să fie doar de două ori tensiunea de încercare. În urma discuțiilor s-a stabilit ca durata totală a încercărilor să fie mărită la zece minute cu care clauză sîntem de acord.

Este de remarcat ca proiectul nou de specificații are în general condiții mai severe de încercare și aceasta datorită creșterii nivelului tehnic în industria constructoare de condensatoare.

Construcția și tehnologia condensatoarelor de forță fabricate în R.P.R. fiind în continuu progres, constatăm că în faza actuală produsele respective se încadrează cu ușurință în condițiile stipulate în noul proiect de recomandări CEI.

Ing. A. Bercu

Influența altitudinii asupra coordonării izolației

În diferite norme naționale și în mai multe recomandări ale CEI, valabilitatea dispozițiilor normative se limitează la altitudini sub 1 000 metri deasupra nivelului mării. Densitatea aerului scăzînd la altitudine, factorul de corecție pentru măsurarea tensiunilor înalte cu eclatoare și pentru stabilirea tensiunilor de conturnare în aer se va modifica în consecință. În același timp, izolațiile interioare ale echipamentului sub ulei, sau ale cablurilor nu se modifică în mod sensibil. De asemenea va apare o diferență considerabilă în funcționarea descărcătoarelor după cum eclatoarele se află în legătură cu atmosfera exterioară sau sînt închise ermetic. În fine, se pun variate probleme din cauză că echipamentul se construiește și se încearcă în fabrici și laboratoare situate la înălțimi mult mai reduse, de cel mult cîteva sute de metri, iar extrapolarea rezultatelor asupra condițiilor în care funcționează stațiile la mari altitudini este și rămîne dificilă.

În această situație se impune o examinare sistematică a condițiilor de funcționare a echipamentului de înaltă tensiune îndeosebi în ceea ce privește deplasările mutuale ale nivelurilor de tensiune care intervin în coordonarea izolațiilor. De aceea în cele ce urmează se încearcă o sistematizare a problemelor și o rezumare a criteriilor de care trebuie să se țină seama la proiectarea, construcția și exploatarea instalațiilor de înaltă tensiune la altitudini întrecînd 1 000 m deasupra mării.

Influența altitudinii asupra nivelului de ținere a izolațiilor în aer

Se știe că în conformitate cu legea Paaschen tensiunea de străpungere a unei distanțe în aer variază în apropierea presiunii atmosferice aproximativ invers proporțional cu densitatea aerului.

În publicația 52 CEI, se recomandă ca valorile tensiunii disruptive ale eclatoarelor cu sfere stabilite pentru condiții normale ale atmosferei (temperatură ambiantă 20°C, presiune atmosferică 760 mm col.Hg la 0°C) să fie înmulțite cu factorul k depinzînd de densitatea relativă a aerului:

$$d = \frac{b}{b_0}\,\frac{T_{20}}{T} = \frac{b}{760}\cdot\frac{273+20}{273+\theta_1} = 0{,}386\,\frac{b}{273+\theta_1}, \quad (1)$$

unde: b este presiunea atmosferică în mm col. Hg la 0°C.

Relația dintre densitatea aerului și factorul de corecție, dată în tabela de la pagina 22 din recomandări, o putem exprima prin formula:

$$k = md + k_0 \quad (2)$$

unde: $m = 0{,}93$ și $k_0 = 0{,}07$.

Presiunea barometrică relativă variază cu înălțimea după legea exponențială binecunoscută:

$$\beta = \frac{b}{b_0} = \exp.\left(-\frac{h}{7{,}99}\right), \quad (3)$$

unde: h este înălțimea în km. În limitele care interesează electrotehnica, legea (3) se poate înlocui prin relația empirică simplă:

$$\beta = a^h \quad (4)$$

unde: $a = 0{,}907$.

Temperatura variază și ea cu altitudinea și anume conform unei scări utilizate în aviație care o putem exprima prin formula:

$$\frac{T}{T_{15}} = 1 - 0{,}02265\,h$$

și care presupune la nivelul mării $T = 273+15 = 288°$ K (15°C). Păstrînd valorile la mari înălțimi apropiate, dar plecînd de la 20°C la nivelul mării, variația cu înălțimea o putem reda prin relația liniară:

$$1/\tau = \frac{T}{T_{20}} = 1 - ch = 1 - 0{,}0273\,h. \quad (5)$$

Înlocuind factorii corespunzători din relațiile (4) și (5) în formula (2), rezultă pentru factorul de corecție efectiv:

$$k = m\beta\tau + k_0 = ma^h/(1 - ch) + k_0, \quad (6)$$

o relație univocă între factorul de corecție și înălțime. Constantele au valorile numerice: $m = 0{,}93$, $a = 0{,}907$, $c = 0{,}0273$ și $k_0 = 0{,}07$. Astfel se pot calcula valorile corespunzătoare între factorii k, β, τ și altitudinea h. Rezultă că la altitudinea de 1 000 m, acest factor este

de $k = 0{,}873$, iar la 2 000 m, $k = 0{,}818$. Deci tensiunea de străpungere a unui spațiu de aer este micșorată cu 12,7 % la 1 000 m și cu 18,2 % la 2 000 m altitudine, față de valorile corespunzătoare la nivelul mării, în condițiile unui cîmp electric uniform.

Se poate presupune că tensiunea de 50 % amorsări scade în aceleași proporții cu observația că apare dispersiunea statistică relativ mare a dispozitivului vîrf-placă, sub care se prezintă majoritatea izolațiilor exterioare ale echipamentului de înaltă tensiune și este de luat în considerație influența polarității.

În aceste condiții este de presupus că tensiunea de ținere a izolației va scade ceva mai mult cu altitudinea decît rezultă din variația factorului de corecție pentru eclatorul de sfere. Se poate totuși considera că tensiunea de ținere va varia proporțional cu factorul de corecție. În acest fel rezultă că în instalațiile situate la înălțimi va exista o diferență între nivelul de ținere garantat prin măsurătorile efectuate la mici înălțimi (reduse la nivelul mării) și nivelul de ținere fixat prin norme.

Se pune întrebarea ce fenomene apar și ce măsuri se impun pentru asigurarea coordonării izolației, respectiv a intervalelor dintre nivelurile de separare, de izolație și de ținere, pentru a putea garanta siguranța instalațiilor față de solicitările la supratensiuni.

În acest scop, trebuie să se stabilească în mod foarte clar care sînt distanțele disruptive într-o instalație a căror tensiune de ținere respectiv de străpungere se micșorează la altitudine.

Este de presupus și se confirmă în unele norme naționale (de exemplu BS 358/1939) că toate distanțe de conturnare ale izolatoare or situate în aer vor avea la altitudini o tensiune de străpungere respectiv de ținere redusă proporțional cu factorul de corecție. Este de notat că temperatura mai scăzută în aer liber compensează în oarecare măsură influența scăderii presiunii atmosferice la altitudine.

Formula (6) ne dă o măsură suficient de exactă a reducerii factorului de corecție k, care va fi deci subunitar. Tensiunea de ținere reală se va obține din înmulțirea tensiunii de ținere măsurate, redusă la nivelul mării și 20°C temperatură, cu factorul de corecție k.

Despre toate eclatoarele în aer, anume eclatoarele de coordonare, de protecție, eclatoarele descărcătoarelor cu expulsie etc., se poate afirma același lucru.

Eclatoarele descărcătoarelor cu rezistență variabilă necesită o considerație mai atentă. Trebuie anume să se stabilească fără echivoc dacă aceste descărcătoare sînt și rămîn complet etanșe și deci se află în interior la presiunea de umplere care se poate presupune aproape de presiunea atmosferică normală de 760 mm col. Hg.

Experiența arată cît de dificil este a se menține etanșeitatea perfectă a garniturilor unor aparate expuse intemperiilor și chiar a celor montate în instalații interioare. La funcționarea acestor aparate se produc suprapresiuni și supratemperaturi considerabile în interiorul lor, care solicită garniturile de etanșare. În această situație, numai experiența în exploatare poate decide în care clasă urmează a se îngloba descărcătoarele cu rezistență variabile; în cele ce urmează ele se consideră în ambele ipoteze.

Izolațiile interioare în aer sînt afectate de variația densității aerului în același fel ca eclatoarele în aer. În schimb nivelul izolațiilor interioare sub ulei se modifică neesențial atunci cînd — la altitudini — presiunea atmosferică deasupra uleiului scade. Acest nivel de izolație se poate deci considera invariant în raport cu variațiile densității aerului și ale altitudinii.

Nivelul supratensiunilor de comutare se poate considera invariant față de variațiile de altitudine.

Din aceste constatări rezultă următorul tablou al nivelurilor care interesează din punctul de vedere al coordonării izolației.

— Distanțele de separare între cuțitele deschise ale separatoarelor vor avea la altitudini o tensiune de ținere redusă proporțional cu valoarea factorului de corecție k, la înălțimea de 1 000 m deci cu 12,7 %, iar la 2 000 m cu 18,2 %. În consecință, nivelul de separare poate coborî nu numai sub nivelul de izolare a instalațiilor cu izolație plină, dar și sub acela al instalațiilor cu izolație redusă. Acest fapt nu afectează izolația transformatoarelor și rezultă un coeficient de siguranță mai redus al separării și o expunere la efectele supratensiunilor provenite din opoziție de fază, oscilații de rezonanță etc. Pentru a garanta aceeași siguranță personalului care lucrează la porțiuni de instalații izolate prin separatoare, distanțele de separare ar trebui mărite în mod corespunzător.

— Nivelurile de ținere a eclatoarelor și a izolațiilor în aer scăzînd în aceeași proporție cu factorul de corecție, rămîn coordonate între ele și scad ambele în raport cu nivelul de ținere a izolațiilor sub ulei. Deci marja de siguranță a acestor izolații crește la altitudini.

— Dacă descărcătoarele sînt perfect etanșe și își menține caracteristicile de amorsare și de stingere, ele riscă a nu mai proteja izolațiile în aer, al căror nivel la înălțimi peste 1 500 m tinde să se apropie și să scadă sub nivelul de protecție a descărcătoarelor. Factorul de siguranță obișnuit de 1,2 scade cu creșterea înălțimii și este la 1 000 m numai 1,07, iar la 2 000 m numai 1,02, ceea ce este insuficient. Rezultă că la altitudini se impune în acest caz o reglare corespunzătoare a caracteristicilor de amorsare a descărcătoarelor cu rezistență variabilă etanșe, adică o scădere a nivelului de amorsare și a tensiunii reziduale.

— În cazul cînd descărcătoarele cu rezistență variabilă nu sînt perfect etanșe și presiunea în interior devine egală cu cea a atmosferei înconjurătoare, la altitudini se produce o scădere a tensiunii de amorsare, dar nu și a tensiunii reziduale, aceasta din urmă depinzînd numai de caracteristicile materialului semiconductor utilizat. Nivelul de protecție nu se modifică, comportarea și măsurile de luat sînt similare cu cele din ipoteza anterioară.

— Scăderea nivelului de protecție nu poate întrece o anumită limită dată de nivelul supratensiunilor interne ale instalației, deoarece numai puține descărcătoare au capacitatea să funcționeze corect și la aceste supratensiuni. Rezultă că, pentru instalații situate la mari înălțimi, problema coordonării izolației trebuie reconsiderată ținînd seama de toate considerentele ce intră în joc.

În cele de mai sus s-a încercat să se analizeze succint influența altitudinii la care sînt situate instalațiile electrice de înaltă tensiune asupra coordonării izolației și asupra măsurilor de luat pentru a garanta siguranța personalului de întreținere și buna funcționare a instalațiilor.

Dr. ing. A. Avramescu

DISCUȚII

Recomandări privind îmbunătățirea normelor de încercare a transformatoarelor

Încercările izolației la platformele de încercări din uzinele constructoare de utilaj electrotehnic trebuie în principiu să reproducă condiții cît mai apropiate de cele care se întîlnesc în exploatarea curentă a acestor utilaje. Normele și prescripțiile de încercare nu îndeplinesc întotdeauna în mod suficient această condiție, recomandînd simplificări a căror justificare este uneori îndoielnică după părerea autorilor, care propun ca unele din aceste norme și prescripții să fie revizuite și aduse la nivelul tehnicii moderne, favorizînd atît îmbunătățirea calității utilajului, cît și reducerea prețului de fabricație.

1. Principiile generale ale încercărilor

1.1. *Problemele legate de izolația mașinilor și aparatelor electrice*, deși vechi ca și începuturile electrotehnicii, sînt totuși de actualitate. Aceasta, printre altele, din cauză că progresul construcțiilor de mașini și aparate electrice este legat în

mare măsură de îmbunătățirea calității materialelor izolante, iar aceste materiale sînt actualmente într-o perioadă în care se înregistrează progrese sensibile.

Strîns legată de problema izolației este aceea a încercării acestei izolații. Concepțiile privitoare la încercări au evoluat însă puțin și au devenit insuficiente față de stadiul actual al construcției de utilaje electrotehnice.

1.2. În principiu, *încercările izolației la platforma de încercări* trebuie să reproducă în mod sintetic toate solicitările din exploatare, amplificate cu un coeficient de siguranță, pe cît posibil același pentru toate solicitările. Neuniformitățile în considerarea acestui coeficient de siguranță, de la încercare la încercare, duc inevitabil la mașini și aparate care, fără să fie mai bune, au un preț de cost mai ridicat.

Ideea de coordonare a izolației, aplicată rețelelor electrice în general, ar trebui privită aparte, în legătură cu elementele interne ale unei mașini, sau ale unui aparat electric.

Vom arăta, în cele ce urmează, că unele concepții cu privire la încercări nu țin seamă în mod explicit, sau contrazic principiul enunțat la începutul alineatului 1.2. După cum vom arăta mai departe, unele simplificări, altădată justificate, o dată cu evoluția tehnicii și a creșterii producției, încetează de a mai fi oportune.

2. Încercarea transformatoarelor de putere

2.1. Conform normelor C.E.I. [1] *izolația transformatoarelor este supusă la trei încercări principale* : încercarea între înfășurări (inclusiv bornele) și între înfășurări și masă, încercarea între elementele unei aceleiași înfășurări (spire, galeți, faze și borne) cu tensiune indusă de frecvență mărită și încercarea la unda de impuls.

După CEI proba de tensiune indusă se face la toate transformatoarele, pentru verificarea izolației între elementele unei aceleiași înfășurări. Izolația între înfășurări respectiv între înfășurări și masă se face cu tensiune indusă, numai pentru transformatoarele cu izolație gradată (cu neutrul izolat la o tensiunea redusă). Conform recomandărilor CEI, transformatoarele cu izolație redusă se pot utiliza numai pentru rețele a căror tensiune maximă depășește 72,5 kV. Deci, la transformatoarele avînd de exemplu tensiunea nominală 66 kV inclusiv, încercarea între înfășurări și la masă se face numai cu tensiune aplicată. Raționeaa acestei dispoziții trebuie căutată în aceea că la aceste tensiuni izolația gradată și izolația redusă a neutrului nu ar duce la avantaje economice importante. Este de asemenea probabil că, în aprecierea avantajelor economice, care ar rezulta din gradarea izolației, s-au avut în vedere anumite construcții clasice de bobinaj.

2.2. *În realitate, chiar cînd nu există bobinaj cu neutru*, deci chiar în cazul bobinajelor în triunghi, care se utilizează la tensiuni mai înalte (de exemplu la 110 kV) în anumite construcții de bobinaje (în ultimul timp destul de frecvent utilizate la noi în țară), admiterea principiului de izolare gradată ar putea conduce la transformatoare simultan mai bune și mai ieftine. Un impediment pentru folosirea acestor avantaje îl constituie dispozițiile din norme, care prevăd pentru încercarea izolației între înfășurări și între înfășurări și masă numai încercarea cu tensiune aplicată. În unele cazuri, încercarea cu tensiune aplicată contrazice principiul enunțat la aliniatul 1.2.

Într-adevăr, să considerăm, pentru fixarea ideilor, un caz concret : un transformator de 1 000 kVA, la 35 kV, în primar, cu conexiune triunghi în primar. Secundarul are tensiunea 0,4 kV în stea. Bobinajul pe o fază se poate executa conform schemei din figura 1, *a*, deci un bobinaj în doi galeți, bobinaj care în

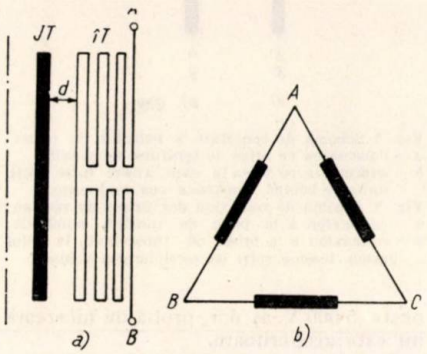


Fig. 1. Sistem de bobinaj la care se propune ca încercarea la frecvență industrială a rigidității dielectrice a izolației să se facă numai prin tensiunea indusă :
a – bobinajul reprezentat schematic : *b* – conectarea în triunghi a bobinajelor de tip a.

Fig. 1. Système de bobinage auquel on propose que l'essai de la rigidité à la fréquence industrielle diélectrique de l'isolation ne soit effectué qu'à la tension induite :
a) le bobinage représenté schématiquement ; *b*) connexion en triangle des bobinages du type a.

anumite împrejurări s-a dovedit avantajos. Acest bobinaj face parte din triunghiul arătat în figura 1, *b*. În exploatare, solicitarea cea mai mare, considerată pentru tensiunile de regim, apare în cazul cînd o linie se pune la pămînt. În acest caz, la capetele rămase apare, față de pămînt, toată tensiunea dintre faze. Se remarcă că, oricare ar fi capătul pus la pămînt, în spațiul de izolație, de grosime *d* (fig. 1, *a*), deci între suprafața interioară a cilindrului care reprezintă înfășurarea de înaltă tensiune (*I.T.*) și suprafața exterioară a cilindrului care reprezintă înfășurarea de joasă tensiune (*J.T.*), tensiunea reală care apare în exploatare este practic jumătate din cea aplicată capetelor. Înfășurarea de joasă tensiune poate fi considerată practic la tensiunea pămîntului (neutrul acestei înfășurări se leagă la pămînt). Dacă se face încercarea cu tensiune aplicată, întreaga izolație va fi încercată de aceeași tensiune (de exemplu 80 kV), deși real, o parte din izolație este solicitată practic la jumătate din tensiune. Încercarea spațiului de grosime *d*, la o tensiune mult mai mare decît cea necesară, și în mod necoordonat cu restul izolației, poate duce la o mărire însemnată a transformatorului, dată fiind strînsa legătură dintre distanța *d* și tensiunea de scurtcircuit, care în marea majoritate a cazurilor este impusă de norme. Dacă am fi făcut încercarea prin tensiunea indusă, de trei ori succesiv, legînd cîte un capăt la pămînt, chiar la o tensiune mai mare, astfel ca să apară la celelalte capete de exemplu 85 kV, tensiunile de încercare ar fi fost proporționale cu tensiunile care apar în exploatare și ar fi rezultat un transformator în mod real mai bine izolat și mai ieftin.

Cu această încercare se face și proba de izolație între spire. Apare, în acest caz, între spire, o tensiune mai mare decît 2 *U* (circa 2,4 *U*). Lucrul acesta este admis (deoarece normele CEI prevăd tensiuni de încercare între spire, de minimum 2 *U*) și este folositor, deoarece majoritatea defectelor în exploatare se produc între spire și între galeți, deci cu creșterea tensiunii de încercare se obține un grad de siguranță mai mare pentru exploatare.

Se poate obiecta că izolația de grosime *d*, nu este determinată numai de tensiunile de regim de exploatare, ci și de tensiunile tranzitorii (de comutație și mai ales de impuls). Această obiecție este justă, dar nici în acest caz proba cu tensiune aplicată nu este justificată, întrucît nu dă indicații asupra rigidității izolației la undele de impuls.

În concluzie, considerăm că trebuie introdusă în normele de încercare posibilitatea renunțării la proba cu tensiune aplicată, pentru o gamă mai largă de tipuri de transformatoare decît cea prevăzută astăzi, urmînd ca pentru acestea singura probă obligatorie (corespunzînd principiului arătat) să fie proba de tensiune indusă (în condiții specificate, încît să se încerce și izolația între înfășurări și la masă și simultan izolația între spire). Concluzia este justificată și de faptul că importanța primordială, care se acordă încă încercării cu tensiune aplicată, are un caracter de tradiție, iar aplicarea încercării cu tensiune indusă este datorită și complicațiilor pe care se părea că le aduce necesitatea unei surse de frecvență mărită.

2.3. *Calitatea uleiului la încercare.* Am vorbit la început de necesitatea unui coeficient de siguranță de luat la probe, față de condițiile din exploatare, care este de dorit să fie cît mai uniform. Vom arăta însă că acest coeficient este foarte variabil, de la transformator la transformator (tipul rămînînd același) și în special la proba cu tensiune aplicată.

Să presupunem că un transformator cu tensiunea de lucru de 66 kV se încearcă la tensiunea 132 kV. Deși timpul de încercare este de numai un minut, coeficientul de creștere a tensiunii de la simplu la dublu poate apărea ca acoperitor pentru ceea ce va urma în exploatare. În realitate, coeficientul de siguranță este mult mai mic, deoarece, la probe în fabrică, de obicei uleiul este foarte bun (rigiditatea dielectrică a acestuia depășește uneori 200 kV/cm), iar în exploatare scade de multe ori aproximativ pînă la jumătate. Deși înjumătățirea rigidității dielectrice a uleiului nu înseamnă reducerea rigidității izolației

transformatorului la jumătate, totuși rezultă o reducere sensibilă a acestei izolații. Cum înjumătățirea rigidității dielectrice este mult mai probabilă la un ulei cu foarte mare rigiditate dielectrică, față de unul cu rigiditate admisibilă, dar mediocră, rezultă de aici că, de fapt, coeficientul real de siguranță al încercării este cu atît mai mic, cu cît uleiul la probă este mai bun și deci că, la uleiurile excepțional de bune, încercarea este neconcludentă, pentru calitățile din exploatare ale transformatorului.

În concluzie, la proba în fabrica constructoare beneficiarul ar fi îndreptățit să pretindă la ulei, nu o limită inferioară a rigidității dielectrice a uleiului, așa cum se face de obicei, ci una superioară.

Propunem ca acest aspect să fie luat în discuții pentru a se găsi o soluție.

2.4. *Poziția comutatorului de trepte, la încercarea cu tensiune indusă.* Normele [1, 2, 3, 4] nu precizează poziția pe care se găsește comutatorul în timpul încercărilor de izolație. De obicei se găsește pe priza nominală.

Să analizăm acum la ce poate conduce această neprecizare. Să considerăm, de exemplu, un bobinaj de transformator reprezentat schematic în figura 2, care are prizele +5, 0, −5, −10%. Un astfel de reglaj este foarte răspîndit. Să presupunem că comutatorul se așază pe priza nominală (fig. 2, *a*) și se face încercarea conform normelor cu tensiune indusă dublă. Între suprafețele de bobină care mărginesc spațiul *S* apare, timp de un minut, o tensiune de 10% din cea totală (atunci cînd se încearcă la 2 *U*), de exemplu în cazul unui transformator cu bobinajul în stea la 60 kV, circa 3 500 V. În exploatare însă transformatorul poate funcționa pe priza de −10% (fig. 2, *b*). În acest caz apare, între suprafețele care mărginesc intervalul *S*, o tensiune de circa 15% din cea totală [5], și aceasta nu timp de un minut, ci timp indefinit, deci în cazul transformatorului considerat —

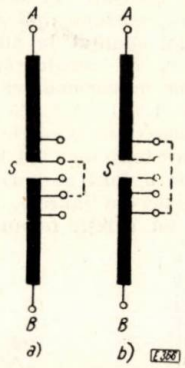


Fig. 2. Schemă de conectare a prizelor de reglaj:
a — conectarea pe priza de tensiune nominală;
b — conectarea pe priza la care apare între secțiunile de bobină, tensiunea cea mai mare.
Fig. 2. Schéma de connexion des prises de réglage:
a — connexion à la prise de tension nominale;
b — connexion à la prise où intervient la plus grande tension entre les sections des bobines.

peste 5 000 V, aș dar, proba de încercare nu este acoperitoare.

În mod real, s-au înregistrat defecte datorită străpungerii acestui spațiu de izolație.

În concluzie, standardele de încercări ar trebui să țină seamă și să semnaleze explicit aspectele arătate mai sus.

Concluzii

Cele arătate la aliniatele 1.2, 2.2 pot avea corespondențe la unele transformatoare de tensiune. Cele arătate la 2.3 au corespondență la toate aparatele încercate cu tensiune aplicată la care părțile, între care se aplică tensiunea, formează practic armăturile unui condensator aflate în ulei.

În urma celor arătate, considerăm că unele concepții cu privire la încercarea mașinilor, transformatoarelor și aparatelor electrice este necesar să fie revizuite. Progresul tehnic, calitatea produselor în exploatare, reducerea prețului de cost la investiții și în exploatare sînt, într-o anumită măsură, funcție și de concepțiile cu privire la încercare. Considerăm că cele arătate aici ar putea fi îmbunătățite prin discuții cu alți tehnicieni care să-și exprime punctul lor de vedere.

Ing. Șt. Grosu și ing. V. Stanciu

Bibliografie

[1] Commission Electrotechnique Internationale. Récommandations de la C.E.I. pour les transformateurs de puissance. Publication 76 (1955). Genéve, Suisse.
[2] GOST 401—41 (S.S.S.R.). Transformatori silovie masleanie.
[3] Vorschriftenwerk Deutscher Elektrotechniscker Regeln für Transformatoren VDE — 0532/7/55.
[4] British Standard 171: 1959. Power Transformers British Standard Institution London.
[5] V. STANCIU: Cercetări experimentale în legătură cu supratensiunile la transformatoare „Probleme și realizări electrotehnice". Editura ASIT-Craiova, 1956, p. 52 60.
[6] ST. GROSU și V. STANCIU: Considerații cu privire la încercarea izolației mașinilor, transformatoarelor și aparatelor electrice. Electrotehnica **7**, 1959, nr. 11, p. 395—398.

Lucrările C.E.I. oglindite și comentate în revista „Electrotehnica"

Problemele legate de lucrările Comitetului electrotehnic internațional au trezit un interes unanim în rîndurile electrotehnicienilor din țara noastră. Comitetul electrotehnic romîn și-a adus un aport însemnat, contribuind cu lucrări de valoare ce au fost apreciate pe plan internațional.

În cele ce urmează, enumerăm lucrările mai importante legate de activitatea CEI apărute în rubricile revistei noastre.

1. (Comitetul de participare U.R.S.S.): *Salut delegaților la reuniunea de la Moscova a Comisiei electrotehnice internaționale*, **5**, 1957, nr. 7, p. 198.

2. Dunsheath Percy (dr. președ. CEI): *Mesajul d-lui... privind sesiunea CEI de la Moscova.* **5**, 1957, nr. 7, p. 197.

3. Hortopan Gh.: *Reuniunea unională CEI.* **5**, 1957, nr. 11 p. 197.

4. Lazaride Gh.: *Înființarea Comitetului național romîn pentru participarea la conferințele energetice și electrotehnice internaționale.* **4**, 1956, nr. 12, p. 573—574.

5. Lazaride Gh.: *Lucrările CEI.* **5**, 1957. nr. 3, p. 98—99.

6. Mayer E.: *Conferința tehnico-științifică privind problemele de dezvoltare și introducere a aparatelor cu semiconductoare*, Moscova, 1956. **4**, 1956, nr. 4, p. 194.

7. Marinescu M.: *Al 7-lea Congres al Asociației de electrotehnică*, Weimar, iunie 1957. **5**, 1957, nr. 4, p. 129.

8. Nicolau Ed.: *Hotăriri recente ale Comitetului electrotehnic internațional (CEI)*, **4**, 1956, nr. 3, p. 144.

9. *Comisia electrotehnică internațională.* **5**, 1957, nr. 4, p. 101—102.

10. Lazaride Gh.: *Lucrări ale CEI privind mașinile electrice*: 1. *Serie unică de dimensiuni pentru motoare electrice.* 2. *Standardizarea dimensiunilor capetelor de axe și flanșelor de fixare pentru motoare asincrone în scurtcuircuit.* **5**, 1957, nr. 2, p. 66—68.

11. Nicolau Ed.: *Asupra scrierii mărimilor electrice (hotărîrile CEI).* **4**, 1956, nr. 7, p. 340.

12. Avramescu A.: *Desfășurarea lucrărilor Conferinței electricienilor din R.P.R.* **6**, 1958, nr. 1, p. 16—19.

13. *Din activitatea CER pe semestrul II al anului 1957.* **6**, 1958, nr. 2, p. 111 (Cronică).

14. CEI: *Vocabular electrotehnic internațional.* Grupa 05— *Definiții fundamentale.* (Traducere comentată în limba romînă). **6**, 1958, nr. 7, p. 240—272.

15. Grigorovici R.: *De la Comitetul național romîn pentru CEI.* **6**, 1958, nr. 9, p. 356.

16. *Simpozionul „Tehnica întreruperii și întreruptoare de înaltă tensiune".* **7**, 1959, nr. 10, p. 373—374. (Cronică).

17. Rădulet R. și Țugulea A.: *Asupra regulilor de asociație a sensurilor de referință în electrotehnică.* **7**, 1959, nr. 9, p. 319—327.

18. Mihăileanu C.: *Considerații în legătură cu problema dimensiunilor în electromagnetism.* **7**, 1959, nr. 7, p. 259. (Discuții).

19. *Standardizarea în electrotehnică.* 7, 1959, nr. 4, p. 150 (Cronică).

20. Avramescu A.: *Solicitările echipamentului stațiilor de foarte înaltă tensiune.* **7**, 1959, nr. 12, p. 418—427.

21. Boer W. și Fritsche O.: *Stadiul actual al rezistenței climatice la produsele electrotehnice.* **8**, 1960, nr. 1, p. 20—27.

22. Apetrei C.: *Verificarea izolației mașinilor electrice cu tensiune redresată continuă.* **8**, 1960, nr. 10, p. 341—349.

23. Popescu C. și Tănăsescu Fl.: *Proiectarea izolatoarelor suport pînă la* 35 kV

fabricate în R.P.R. **8**, 1960, nr. 5, p. 163—171.

24. *Drăgan G.* și *Popa B.* : *Incercarea izolatoarelor electrice de fabricație românească pentru liniile de* 10—35 kV. **8**, 1960, nr. 7, p. 263—272.

25. Avramescu A. : *Principiile tehnico-economice ale construcției echipamentului de foarte înaltă tensiune.* **8**, 1960, nr. 1, p. 2—11.

26. CEI : *Reuniunea generală anuală de la New Delhi din 30 octombrie — 12 noiembrie 1960 a Comisiei electrotehnice internaționale.* (Cronică : Rădulet R.) **9**, 1961, nr. 6, p. 185—190.

27. CEI : *Reuniunea de la Interlaken a Comisiei electrotehnice internaționale, 18—30 iunie 1961.* (Cronică : Rădulet R.) **9**, *1961*, nr. 10, p. 341—346.

28. Rădulet R., Lefter C. și Raicu V. : *Enciclopedia materialelor electroizolante* (știri CEI). **10**, 1962, nr. 1, p. 18—29.

29. Predoiu A. : *Aspecte ale evoluției constructive a contactoarelor de joasă tensiune în aer, tendințe noi și contribuții.* **10**, 1962, nr. 4, p. 119—135.

30. Țențulescu D., Goldenberg I., Popescu C. și Tănăsescu Fl. : *Mase de sticlă pentru izolatoare de înaltă tensiune.* **10**, 1962, nr. 5, p. 168—174.

M. Gîrzu

REFERATE

CZ 621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.3.048 :621.3.624.001.4

Riklin F. G. **Încercarea izolației transformatoarelor și motoarelor cu tensiune continuă redresată.** În : Elektriceskie Stanții **32**, 1961, nr. 10, pag. 48—50, 2 tabele.

Încercarea în exploatare a izolației transformatoarelor și motoarelor pentru tensiuni pînă la 35 kV face obiectul articolului.

Ca element de analiză autorul ia coeficientul de absorbție : măsurarea acestuia cu megometru de tensiune 25 kV duce la variații cuprinse în limite pînă la de 3 ori și mai mult. Dacă însă se măsoară prin aplicarea tensiunii înalte, atunci valoarea coeficientului de absorbție scade, putînd deveni subunitar. Această situație apare în cazul transformatoarelor cu ulei de calitate inferioară sau care a devenit impur în timpul exploatării. Scăderea coeficientului de absorbție se explică prin creșterea curentului de scurgere care are loc : gradul de neliniaritate a variației curentului este determinat de calitatea izolației (umiditatea acesteia sau alte defecte).

Pentru ilustrarea precizărilor făcute, autorul prezintă detaliat o serie de încercări efectuate asupra unor transformatoare de 180 kVA 10/0,4 kV și motoare de 2,7 kW 380/220 V, precum și condițiile de care s-a ținut seamă în timpul experimentărilor.

Autorul constată că încercînd izolația cu tensiune continuă redresată, se poate mări nivelul de încercare fără a exista pericolul de distrugere și fără deci de a avea o influență dăunătoare asupra funcționării pe mai departe a transformatorului sau motorului respectiv.

P. B.

CZ 621.313.223—621—523.2 :621.314.63

R. M. Davis **Comanda cu reversare a motoarelor de curent continuu prin redresoare cu siliciu comandate.** Din Electrical Rev., vol. **169**, nr. 5, 4 august 1961, pag. 170.

Principiul de funcționare, ca la toate reglajele de viteză prin redresoare, este modificarea tensiunii de ieșire a redresorului prin potrivirea momentului de deschidere în raport cu forma undei curentului alternativ de alimentare. După o scurtă discuție asupra redresoarelor cu siliciu comandate, urmează descrierea circuitului de alimentare, a circuitului de comandă și a dispozitivelor mecanice, pentru un motor cu viteză variabilă de 26 Wk. Acest montaj reprezintă o alternativă mai ieftină față de montajul Ward Leonard. Față de acesta mai are avantajele de a avea un răspuns mai rapid, un randament mai bun, un aparataj mai puțin greu și un circuit de comandă ușor adaptabil la programări de automatizare.

A. H.

CZ 621.314 *Transformatoare*

CZ 621.314.2.048 :551.5

Pucikovschii V. V. și *Gluşcov, B. P.* **Variația sezonieră a caracteristicilor izolației transformatoarelor** (Sezonii izmenenia haracteristic izoliații transformatorov). În : Electriceskie Stanții, **32**, nr. 11, noiembr. 1961, p. 73—76, 4 fig. 2 tab. 2 ref. bibl.

Variațiile sezoniere ale umidității izolației transformatorului apar ca urmare a migrării umidității din izolația solidă în ulei în timpul sezonului cald, iar iarna din ulei în izolația solidă ; conținutul în umiditate al izolației solide apare astfel ca o funcție periodică de timp. Observațiile au fost întreprinse pe transformatoare luate separat sau pe o masă mare de transformatoare, la care s-au măsurat sistematic tangenta unghiului de pierderi dielectrice, rezistența izolației, raportul capacităților dat de aparatul de control al umidității (P. K.V.), precum și rigiditatea uleiului. Pentru o parte din transformatoare s-a măsurat dependența caracteristicilor cu variația temperaturii care are loc la scoaterea transformatorului de sub sarcină și tensiune.

S-a ajuns astfel la determinarea variației parametrilor amintiți cu temperatura stratului superior de ulei. Din analizarea curbelor obținute pe bază observațiilor rezultă o variație mare a tangentei unghiului de pierdei și a rezistenței cu temperatura, pînă la de 5 ori ; variația raportului capacităților este însă mai mică, pînă la 1,7. Rezultă de asemenea necesitatea ca la încercarea profilactică a transformatorului să se țină seamă de variația sezonieră a parametrilor care caracterizează umezirea izolației.

P. B.

CZ 621.315.6 *Izolanți*

CZ 621.315.616.96 :621.315.613.1

F. M. Kozlowskii : **Influența variațiilor bruște de încălzire asupra îmbătrînirii izolației siliconice cu mică și sticlă.** În : Vestnik Elektroprom., **32**, nr. 12, 1961, p. 47—49, 3 fig., 3 ref. bibl.

Izolația motoarelor de tracțiune în regimuri climatice severe poate fi supusă la schimbări bruște de temperatură în limitele — 50 pînă la +200°C. Se prezintă încercări efectuate asupra bobinajelor rotorice ale electromotorului de tracțiune EDT-340 izolat cu lacuri siliconice de tip EF-3 și EF-5. Pentru controlul temperaturilor la suprafață și în interiorul bobinajelor, s-au montat termometre cu înregistrare automată. Încercările s-au efectuat astfel : bobinajele rotorice au fost încălzite timp de 30 min, pînă la temperatura de + 200°C, și după două ore de menținere sub această temperatură, au fost răcite brusc pînă la — 30°C (în timp de o oră). Numărul de cicluri cu astfel de încercări a fost de 55. În scopul determinării valorii tensiunii de ionizare efective (U_{ie}) s-au folosit două metode : 1 — metoda variației tg δ în funcție de tensiune, detectîndu-se valoarea (U_{ie}) în punctul de creștere bruscă a tg δ ; 2 — metoda variației intensității paraziților la un receptor de radio — reglat pe frecvența de 400 kHz, și a cărui antenă este apropiată de bobina rotorică încercată —, în funcție de tensiunea aplicată bobinei rotorice. La tensiunea corespunzătoare (U_{ie}) nivelul de parazitare al radioreceptorului crește brusc.

Rezultatele arată o scădere a valorii (U_{ie}) de la 2,5 kV — după primele cinci cicluri — pînă la 1,8 kV, la terminarea celor 55 cicluri. Totodată s-a măsurat variația capacității bobinei respective — pe o lungime de 110 mm — , în funcție de numărul de cicluri de încercări mai sus descrise. Se constată o scădere a valorii capacității de la 6 400 pF (după primul, ciclu), pînă la 3 600 pF (după ultimul ciclu). Se explică aceasta prin formarea de incluziuni de aer care scad capacitatea dielectricului compus.

A. B.

CZ 621.315.612.6:621.315.623.71

I. A. Iacobson : **Exploatarea izolatoarelor de linie din sticlă.** În : Elektriceskie Stanții **32**, nr. 10, 1961, p. 65—66, 2 fig.

Verificarea calităților izolatoarelor din sticlă trebuie să se facă în exploatare,

montîndu-le experimental pe anumite linii. Plecînd de la această idee, autorul prezintă în articol rezultatele obținute în exploatare cu diferite tipuri de izolatoare (PS—4,5; PG—7; PSG—4,5; PS—8,5; P—7) confecționate din sticlă călită sau în unele cazuri necălită. Izolatoarele din sticlă necălită au prezentat caracteristici nesatisfăcătoare, fapt pentru care au fost scoase din exploatare. Izolatoarele din sticlă călită prezintă caracteristici mecanice și electrice bune și considerînd costul lor redus sînt recomandate să fie introduse pe scară largă în exploatare. Pentru regiunile caracterizate prin depuneri s-au dovedit eficiente izolatoarele tip PSG-4,5, la care trebuie să se adauge și izolatorul PSU-4,5. Pentru liniile de tensiune mai înaltă, 220 și 599 kV, unde apar eforturi mecanice mari trebuie să fie introduse în fabricație într-o cantitate suficientă izolatoarele PS-8,5 și PS-11.

Primele rezultate obținute au permis să se tragă concluzii prețioase; esențial este că introducerea în exploatare a izolatoarelor din sticlă călită este recomandată peste tot cu unele precizări făcute în lucrare.

P. B.

CZ 621.315.6.621.365.624.5

M. P. Boghinski, B. I. Gaidaș, V. K. Glușcenko: **Noile tipuri de izolatoare-tijă cu nervuri elicoidale.** În Vestnik elektroprom., **10**, 1961, pag. 76—78.

Noul tip de izolatoare cu nervuri elicoidale, elaborat în U.R.S.S., prezintă următoarele avantaje: caracteristici electromecanice superioare față de izolatoarele de tipul obișnuit cu aceleași dimensiuni, posibilitatea de a se curăți de la sine de impurități, posibilitatea automatizării procesului de execuție, deșeuri minime de porțelan (3—5%).

Izolatorul elicoidal are o formă asimetrică, constituind o bară continuă, prevăzută cu nervuri orientate în spirală, fiind armat la capete cu căpăcele de fontă, fixate cu lapte de ciment.

Izolatoarele cu nervuri în spirală se pot confecționa atît cu unul, cît și cu mai multe începuturi. Numărul începuturilor trebuie să fie optim, și se alege ținînd seamă de tehnologia de execuție, de rezistența la scurgere pe suprafața fiecărei spire și de capacitatea de autocurățire a izolatorului.

Încercările izolatoarelor efectuate după metodele standard au dat următoarele rezultate medii:

Tensiune, kV			
La descărcare în mediu uscat	La descărcare în mediu umed		Sarcina de rupere kgf
	Poziția orizontală	Poziția verticală	
166	144	102	4 350

Practic, în ce privește caracteristicile de descărcare în mediu uscat, izolatoarele cu nervuri elicoidale nu se deosebesc de cele de tipul obișnuit. Comportarea lor în poziția orizontală și în timp de ploaie este aceeași ca și a izolatoarelor obișnuite.

De asemenea, s-a constat că la izolatoarele cu nervuri elicoidale, tensiunile de descărcare în mediul umed sînt mai mari decît la izolatoarele cu nervuri inelare. În cazul utilizării izolatoarelor cu nervuri elicoidale în poziția orizontală, acestea se pot executa fără picurătoare și caneluri. Ele au proprietăți izolatoare bune și se pot recomanda pentru înlocuirea izolatoarelor obșinuite cu nervuri inelare.

J. T.

CZ 621.316.5/9 *Aparate electrice*

CZ 621.316.54.027.25 : 621.3.614.31

Otto Loh: **Comportarea în curent alternativ a arcului electric la aparate de comutare de joasă tensiune** (Verhalten des Wechselstromlichtbogens bei Niederspannungsschaltgerdten). În ETZ-A, **82**, 1961, 23, pag. 748—758, 4 tab. 12 ref. bibl.

Autorul își propune să facă o apreciere asupra modului cum se produce reamorsarea arcului electric după trecerea prin zero a curentului. Caută să lămurească pe baza experimentală dacă reamorsarea arcului electric se face printr-o nouă străpungere a spațiului deja ionizat dintre contacte sau printr-o reactivare termică a coloanei de arc. Se relatează despre rezultatele unor încercări făcute asupra cinci tipuri de aparate. A fost filmat procesul arderii arcului. Pentru aceasta au fost necesare însă serioase modificări constructive care micșorează importanța încercărilor făcute. Rezultatele acestor încercări au arătat că arcul se reaprinde datorită reactivării termice a coloanei de arc și rareori prin noi străpungeri. În majoritatea cazurilor, arcul electric după trecerea lui prin zero ia același drum ca și înainte de aceasta.

Autorul trage o serie de concluzii asupra construcției camerelor de stingere, și anume că este avantajos să se facă divizarea arcului în raport cu lungimea lui.

Expunerea este ilustrată cu oscilograme și fotografii făcute cu un aparat de filmat cu 15 000 fotografii pe secundă. Cu ajutorul acestor fotografii se poate vedea momentul deionizării spațiului dintre electrozi. Plasma arcului își pierde conductibilitatea la arcuri nerăcite în 10^{-3}—10^{-4} s, iar la cele răcite în 10^{-4}—10^{-5} s.

S. C.

CZ 621.316.57.014.31

Akodis, M. M. și *Karzun P. A.* **Tensiunea de restabilire la contactele întreruptorului la deconectarea scurtcircuitelor dispuse la o depărtare oarecare de întreruptor** (Vasttanovlenie napriajenia na kontaktah vîkliuciatelia pri otkliucenii korotkovo zamîkania na nekotorîm udaleniu ot vîkliuciatelia). În Izvestia vîsșih ucebnîh zabedenii — Energhetika, **4**, nr. 8, aug. 1961, p. 1—8, 4 fig., 5 formule, 4 ref. bibl.

Limita de putere de rupere a întreruptoarelor cu aer comprimat depinde în mare măsură de viteza de restabilire a tensiunii. De aceea este utilă determinarea prin calcul a acestei viteze pentru condițiile cele mai defavorabile de lucru ale întreruptorului; aceste condiții apar cîteodată la declanșarea unui defect situat la o anumită depărtare de locul de montaj al întreruptorului. În acest caz, la cuțitele întreruptorului se aplică de o parte tensiunea rețelei, iar de cealaltă parte o tensiune cu oscilații de frecvență mare, iar tensiunea de restabilire crește repede.

În articol, autorul face evaluarea pe bază de calcul a tensiunii de restabilire la faza care declanșează prima dintr-un sistem trifazat, considerînd un scurtcircuit trifazat cu punere la pămînt.

Schema de calcul cuprinde inductanțele și impedanțele de undă și se referă la cazul concret al liniilor de 110 și 220 kV.

În a doua parte a lucrării se stabilește relația de calcul al vitezei de restabilire pentru cazul unui scurtcircuit trifazat fără punere la pămînt; acest caz se poate întîlni la liniile de 110 kV pe stîlpi metalici.

Se consideră apoi cazul unui scurtcircuit depărtat de întreruptor, pentru cazul liniilor pe stîlpi de lemn, fără conductor de protecție pe toată lungimea liniei. Verificarea relațiilor teoretice s-a făcut pe modele, rezultatele suprapunîndu-se cu suficientă exactitate. De aici rezultă că metoda de calcul propusă fiind simplă este indicată pentru determinarea vitezei maxime de restabilire la diferite tipuri de semicircuit.

S. C.

CZ 621.316.933.3.015.34

V. I. Prujnina și *V. A. Volcheany*. **Dependența tensiunii reziduale la descărcător, funcție de lungimea frunții undei de curent.** După Elektricestvo nr. 10, 81, 1961, p. 53 — 54, 3 fig., 5 ref. bibl.

După ce se prezintă modul de considerare și normare a tensiunii reziduale funcție de amplitudinea nominală a curentului discului și de durata frunții undei de impulsie, se arată pentru comparație caracteristicile descărcătoarelor produse de firma Westihghouse. Lucrarea conține în contiuare rezultatele încercărilor experimentale ale discurilor de tivit și vilit și compararea lor, ca urmare a faptului că au caracteristici diferite și destinație diferită.

Discurile de vilit au utilizare în confecționarea descărcătoarele pentru protecția contra descărcărilor atmosferice iar cele de tivit pentru protecția contra supratensiunilor atmosferice și interne. Date comparative ale creșterii relative a tensiunii reziduale față de tensiunea corespunzătoare la un front de 10 μs se obțin la cele două materiale la o densitate de curent dublă. Pe de altă parte, mărirea creșterii procentuale a tensiunii

reziduale cu durata frontului undei conduce la înrăutățirea neliniarității; astfel la curenții din front de 3, 5, 10 μs, coeficientul are valori de 0,208; 0,190, respectiv 0,173.

Se prezintă de asemenea creșterea procentuală a tensiunii reziduale pentru unde cu front de 3 μ s și 5 μ s în funcție de valoarea amplitudinii curentului.

P. B.

CZ 621.316.933.3 : 621.82 : 621.3.015.52

I. F. Polovoi: **Acordarea caracteristicilor descărcătoarelor cu rezistențe variabile pentru supratensiuni atmosferice cu supratensiunile interne în rețelele de 500 kV.** În Elektriceskie stanții, **32**, nr. 10, 1961, p. 53—56, 2 tab., 6 ref. bibl.

Dezvoltarea în ultimul timp a rețelei de 500 kV în Uniunea Sovietică a pus problema protecției contra supratensiunilor atmosferice și interne. Față de rețelele de 110 și 220 kV, cele de 500 kV prezintă unele particularități din punct de vedere al coordonării funcționării descărcătoarelor de cele două feluri de supratensiuni. În articol, autorul tratează modul de soluționare a coordonării funcționării descărcătorului cu rezistență variabilă destinat protecției contra supratensiunilor atmosferice cu supratensiunile care apar în procesele de comutație. Sînt astfel luați în considerație următorii parametri: tensiunea de stingere U_{st}, de străpungere U_{str}, supratensiunea care apare pe linie considerînd declanșarea liniilor în gol, echipate la capete, sau transformatoare care se saturează U_{sup}, tensiunea forțată care apare în procesul de comutație pe barele stației U_v etc. Pentru funcționarea corectă a sistemelor de protecție, este util ca $U_{st} > U_v$ și $U_{str} > U_{sup}$, lucru care nu se poate realiza decît cu foarte mare greutate la descărcătoarele prevăzute pentru stațiile de 500 kV.

Reducerea valorilor supratensiunii și a tensiunii forțate de la limitele convenabile, presupune asigurarea unei puteri de scurtcircuit la punctul de montare mai mare decît o limită determinată de autor prin calcul. Se analizează de asemenea utilizarea „intervalelor de descărcare" care dau rezultate bune putînd conduce la renunțarea acordării descărcătoarelor cu tensiune forțată. Se demonstrează de asemenea necesitatea măririi tensiunii de stingere a descărcătoarelor atît a celor destinate protecției contra supratensiunilor atmosferice cît și a celor interne, la 1,4 ori tensiunea pe fază față de 1,3 ori cît este în prezent. Se stabilește de asemenea calea de perfecționare a descărcătoarelor combinate prin utilizarea stingerii curentului de însoțire în canal lung și îngust.

Lucrarea este utilă prin natura problemelor care le pune și care prezintă actualitate pentru transportul la tensiuni foarte înalte.

P. B.

261.319.4 *Condensatoare*

CZ 621.319.412.6 : 621.317.335

Tichy V. **Un condensator de măsurători pentru determinarea valorilor tg δ, ε și ρ la izolanți lichizi.** În: Elektrotechn. obzor, 1958, **1**, p. 14—17.

Criteriile folosite pentru aprecierea calității lichidelor izolatoare, cum sînt de exemplu: uleiurile izolante folosite la transformatoare, cabluri, întreruptoare etc., sînt în primul rînd rigiditatea dielectrică a acestora, factorul de pierderi, rezistența izolației și în unele cazuri și permitivitatea dielectricului. Măsurătorile se fac în cea mai mare parte cu ajutorul unei punți Schering, folosindu-se ca recipient al lichidului izolant un condensator de măsurători. Diferitele tipuri de condensatoare clasice manifestă o serie de neajunsuri cum sînt de exemplu: centrarea dificilă și în consecință repartiția simetrică a cîmpului electric, dificultăți în legătură cu curățirea condensatorului la evacuarea lichidului măsurat. La construcția condensatorului nou, alcătuit din două vase cilindrice cu funduri sferice s-a căutat evitarea defecțiunilor semnalate. Avantajele principale ale condensatorului sînt: execuția simplă și ieftină, posibilitatea modificării ușoare a execuției, cantitatea redusă a lichidului de măsurat, curățirea ușoară și recondiționarea simplă a electrozilor executați prin depunerea unor straturi de argint pe vasele din sticlă dură.

K. W.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ȘT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEȚ, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat,

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultate obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările materiale vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, anul, numărul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, excepţîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

In scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumare pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei revistei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori, cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimentele politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articolele tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu subliniere importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri de articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura regăsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba română şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

In acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşoare a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de orginalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv şi care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Norme şi standarde constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în partu limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificaţie zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR·ORSZÁGOS 1983

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 061.3:621.7(1962)

РЭК.: **Приветствие XXVII Совещанию Международной электротехнической комиссии. Бухарест, 24 Июня — 7 Июля 1962 г.**

Electrotehnica **10**, (1962), 6 189—190

ДК 621.31?. (498) (09)

Ghiță N.: **Достижения румынской электротехнической промышленности**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 191—197

В статье подчеркивается быстрое развитие нашей электротехнической промышленности за истекшие 15 лет. В основу анализа легли данные по динамике производства и повышению технического уровня продукции, иллюстрируемому соответствующими показателями. Отмечаются успехи, достигнутые в области внедрения единых серий асинхронных машин, трансформаторов мощности и прочей аппаратуры. Далее описывается электрооборудование для средств тяги и станков, включительно электроавтоматические устройства.

Указывается, что научные исследования, проводимые в институтах и заводских лабораториях, а также подготовка специальных кадров всемерно способствуют делу повышения и дальнейшего развития продукции.

ДК 621.311.1 (498) (09)

Gheorghiu N.: **Развитие энергетической промышленности в Румынии.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 198—205

В вступлении раскрывается тяжелое положение электроэнергетических установок, унаследованное от буржуазно-помещичьего строя, причем с помощью весьма показательного сопоставления подчеркивается колоссальный подъем в данном области, достигнутый в годы народно-демократической власти.

Первый план электрификации (1951—1960) был выполнен и перевыполнен гораздо раньше срока. Дальнейшее развитие электрификации будет в значительной мере способствовать развитию сельского хозяйства транспорта и нашего народного хозяйства в целом.

ДК 621 : 621.312 : 658.5

Ivancenco A.: **Некоторые вопросы экономической эффективности внедрения новой техники.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 206—214

Мощный подъем технического уровня производства характеризует нынешний период завершения строительства социализма в нашей стране.

В статье подчеркивается значение внедрения современного оборудования и аппаратуры с высокими технико-экономическими показателями современной высокопроизводительной технологии, рациональной организации всего производственного процесса.

Типизация, как и специализация производства преследуется всеми возможными средствами, причем в этом направлении следует отдать должное международным организациям, разрабатывающим рекомендации по нормативам и типизации.

Государственные стандарты стремятся отразить международные рекомендации в целях унификации и типизирования изделий, чем обеспечивается адаптирование соответствующего оборудования к условиям нашей страны.

Внедрение механизации и автоматизации во все более широком масштабе, использование электронных счетно-вычислительных машин для контроля и регулирования производственного процесса существенно содействуют выполнению заданий, возлагаемых на электротехническую промышленность.

ДК 621.312 (498) УЕРС (09)

Popovici V., Stanciu V.: **Крайовские заводы „Электропутере“ — одно из достижений народно-демократического строя.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 215—225

Быстрое расширение предприятия, начиная с 1948 года, иллюстрируется рациональной организацией крупных единиц: машиностроительный завод, трансформаторный завод, производство аппаратуры.

Отмечаются быстрые темпы роста продукции и повышение технического уровня изделий, характеризуемое лучшими удельными показателями. Благодаря репроектированию изделий, совместно с модернизированием оборудования и освоением ряда новейших высокопроизводительных технологических процессов были созданы условия качественного усовершенствования продукции, достигнувшей в настоящее время уровня наиболее развитых индустриальных стран.

ДК 621.317.333.82 ИЕТ (498)

Hortopan Gh.: **Вклад Электротехнического научно-исследовательского института в дело решения вопросов, связанных с импульсными испытаниями.**

Electrotehnica **10** (1962) 6 226—230

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований по усовершенствованию испытаний в области высокого напряжения.

В рамках института были разработаны специальные устройства для синхронизации, деления напряжения, специальные высококачественные шунты, генераторы повторных импульсов до 10 кв для дефектоскопии, лабораторных испытаний и определения типа машин. Сконструированы и изучены электромагнитные модели трансформатороз, и оказано содействие предприятиям, выпускающим трансформаторные машины и аппаратуру. Отмечается необходимость в разработке Международной электротехнической комиссий ряда рекомендации по испытанию электрических машин с импульсными волнами и трансформатороз с прерывистой волной.

ДК 621.312 : 621.39 (498) (09)

Lăzăroiu F. D.: **Развитие румынской электронной промышленности.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 231—236

В статье отражается развитие бурными темпами завода „Электроника“ за 14-летний период, истекший после национализации.

Весьма действенная помощь была оказана исследовательскими институтами смежных научных дисциплин. Специализация предприятий и расширение производственных площадей о бусловили предпосылки для перехода к крупносерийному производству.

За десятилетие 1949—1959 гг. валовая продукция завода „Электроника“ увеличилась в 16 раз, а в 1961 году был выпущен радиоприемник с заводским номером 1 000 000.

Производство изделий электронного профиля непрерывно увеличивалось, при этом расширился ассортимент и неуклонно улучшается качество.

ЗАМЕТКИ 237—239

ДИСКУССИИ 239—241

РЕФЕРАТЫ 242—244

INHALTSVERZEICHNIS

DK. 061.3:621.3 CEI „1962"

CER.: Gruss an die 27. CEI – Tagung. Bukarest, 24. Juni – 7. Juli 1962

Electrotehnica **10** (1962) 6, 189–190

DK. 641.312 (489) (09)

Ghiță N.: **Der Fortschritt der elektrotechnischen Industrie in der RVR.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 191–197

Im Aufsatz wird die rasche Entwicklung unserer elektrotechnischen Industrie in den letzten 15 Jahren unterstrichen und zwar an Hand von Angaben betreffend die Entwicklung der Produktion und die Steigerung des technischen Niveaus der Erzeugnisse, die durch Kennziffern veranschaulicht werden. Es werden die Erfolge der Einführung von Einheits-Serien von Asynchronmaschinen, Leistungstransformatoren und anderen Apparaten dargelegt, sowie der elektrische Ausrüstung für Bahnbetrieb, Werkzeugmaschinen einschliesslich automatische elektrische Vorrichtungen.

Die in Instituten und Werklaboratorien vorgenommene wisserschaftliche Forschung, wie auch die Ausbildung von Spezialisten unterstützt effektiv die Produktion und ihre künftige Entwicklung.

DK. 621.311.1 (498) (09)

Gheorghiu N.: **Die Entwicklung der energetischen Industrie in der RVR.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 198–205

Zunächst wird auf dem schweren Stand der elektroenergetischen Anlagen hingewiesen, die das bürgerliche gutsherrliche Regim zurückgelassen hat und sodann, durch einen bezeichnenden Vergleich, der riesige, in den Jahren des volksdemokratischen Regims verzeichnete Aufschwung unterstrichen.

Der erste Elektrifizierungsplan (1952–1960) wurde weit vor der Frist erfüllt und überboten. Die weitere Entwicklung der Elektrifizierung wird die Entwicklung der Industrie, der Landwirtschaft und des Transportwesens und im allgemeinen unserer Volkswirtschaft ansporren und unterstützen.

DK. 621+621.312:658.5

Ivancenco A.: **Einige Fragen der Wirtschaftlichkeit der Einführung der modernen Technik.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 206–214

Die stete Hebung des technischen Niveaus der Produktion kennzeichnet die gegenwärtige Periode der Entwicklung der Volkswirtschaft unseres Landes.

Im Aufsatz wird die Bedeutung der Einführung von modernen Ausrüstungen und Apparaten mit hohen technisch-wirtschaftlichen Parametern, einer modernen hochleistungsfähigen Technologie und einer rationellen Oragnisierung des gesamten Produktionsprozesses unterstrichen.

Durch alle Mittel wird eine Standardisierung und eine Spezialisierung der Produktion verfolgt. In dieser Hinsicht wird die Tätigkeit der internationalen Organisationen, welche für die nationalen Normen Empfehlungen ausarbeiten, positiv eingeschätzt.

Die staatlichen Standarde verfolgen eine Wiederspieglung der internationalen Empfehlungen hinsichtlich einer Vereinheitlichung und Standardisierung der Erzeugnisse, die eine Anpassung der entsprechender Vorrichtungen an die Bedingungen unseres Landes gewährleisten sollen.

Die immer breitere Einführung der Mechanisierung und Automatisierung, die Verwendung der elektronischen Rechner für die Kontrolle und Regelung des Produktionsprozesses tragen voll und ganz zur Erfüllung der Aufgaben der elektrotechnischen Industrie bei.

DK. 621.312 (498) UEPC (09)

Popovici V., Stanciu V.: **Das „Electroputere"-Werk Craiova, eine Schöpfung der volksdemokratischen Ordnung.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 215–225

Die rasche Entwicklung des Werks, beginnend in 1948 wird an Hand der rationellen Organisierung von grossen Einheiten: der Fabrik für Maschinen, Transformatoren, Geräte.

Der rasche Rythmus der Produktionssteigerung und die Hebung des technischen Niveaus der Erzeugnisse, die durch verbesserung der Indexziffer zum Ausdruck kommt, wird unterstrichen.

Die Neu-Projektierung der Erzegnisse hat, zusammen mit der Modernisierung der Ausrüstung und der Einführung einer moderner hochleistungfähigen Technologie, die eine weitere Hebung des Niveaus der Erzeugnisse gestattet, welche den Stand in den grossen Industrieländern erreicht haben.

DK 621.317.333.82 ICET (498)

Hortopan Gh.: **Der Beitrag des Instituts für elektrotechnische Forschung zur Lösung der Fragen der Stoß-Prüfung.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 226–230

Es werden die Ergebnisse der theoretischen und experimentellen Untersuchungen zur Vervolikomnung der Hochspannungsversuche dargelegt.

Im Rahmen des Instituts wurden Stoßanlagen mit Sondervorrichtungen für Synchronisierung, Spannungsteilung, besondere Nebenschlusswiderstände, sodann Generatoren für wiederholte Stöße von 10 kV zur Werkstoffprüfung und Laborversuche der Maschinen ausgearbeitet. Elektromagnetische Transformatorenmodelle wurden gebaut und untersucht und den Fabriken für Umspanner und Geräte Unterstützung gewährt.

Der Verfasser beantragt die Ausarbeitung von CEI-Empfehlungen für das Prüfen der elektrischen Maschinen mit Stoßwellen und der Transformatoren mit abgeschnittener Welle.

DK 621.312:621.39 (498) (09)

Lăzăroiu F. D.: **Die Entwicklung der elektronischen Industrie in der RVR.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 231–256

Der Aufsatz beginnt mit dem Hinweis, dass in den 14 Jahren seit der Verstaatlichung, das „Electronica" – Werk sich im raschen Rythmus entwickelt hat. Dabei wurde es seitens der einschlägigen Forschungsinstitute effektiv unterstützt. Die Spezialisierung der Betriebe und die Vergrösserung der Produktionsflächen schufen die Voraussetzungen des Übergangs zur Grosserienfertigung.

Die Bruttoproduktion des „Elektronica" – Werkes wuchs in der Zeitspanne 1949–1959 um das 16-fache und im Jahre 1961 verliess der Rundfunkempfänger mit der Seriennummer 1 000 000 das Fliessband.

Die Produktion der elektronischen Werke wuchs stetig. Die Anzahl der Warenmuster stieg und ihre Qualität wurde ständig verbessert.

UMSCHAU 237–239

DEBATTEN 239–241

REFERATE 242–244

SOMMAIRE

CD. 061.3 : 621.3"CEI 1962"

CER. : Salut à la XXVII Réunion CEI Bucarest 24 juin à 7 juillet 1962.

Electrotehnica 10 (1962) 6, 189 – 190

CD. 621.312 (498) 09)

Ghiță N. : **Progrès de l'industrie électrotehnique dans la R.P.R.**

Electrotehnica 10 (1962), 6, 191 – 197

L'auteur met en relief la rapide évolution de l'industrie électrotehnique roumaine durant ces derniéres 15 années, basée sur des données concernant da dynamique de la production et l'accroissement du niveau technique des produits, démontré par des indices caracteristiques. On présent les succès de l'introduction des séries unitaires de machines asynchrones, de transformateurs de puissance et d'autres appareils. On y analyse aussi l'équipement électrique de traction, des machines-outils tels que les dispositifs automatiques électriques.

La recherche scientifique organisée dans des instituts et dans des laboratoires d'usines, de même que l'instruction des cadres spécialisés constituent une contribution effective au développement de la production.

CD. 621.311.1 (498) (09)

Gheorghiu N. : **Développement de l'industrie énergétique de la R.P.R.**

Electrotehnica 10 (1962), 6. 198 – 205

On montre le lourd héritage laissé par le régime bourgeois-féodal dans le domaine des installations électroènèrgétiques et, dans un parallèle très expressif, on fait voir le saut géant réalisé sous le régime de démocratie populaire.

Le premier plan d'électrification (1951 – 1960) a été réalisé et dépassé longtemps avant le terme. Le développement incessant de l'électrification animera et soutiendra l'essor de l'industrie, de l'agriculture, des transports, de l'économie nationale entière.

CD. 621 + 621.312 : 658.5

Ivancenco A. : **Quelques problèmes concernant l'éfficacité économique de l'introduction de la technique nouvelle.**

Electrotehnica 10 (1962) 6, 206 – 214

L'accroissement incessant du niveau technique de la production est le trait caractéristique de la période actuelle de construction du socialisme dans notre pays.

On souligne l'importance de l'introduction de l'équipement et des appareils modernes, aux paramètres techno-économiques élevés, des technologies modernes à haut rendement, de l'organisation rationnelle du processus de production.

La typisation et le spécialisation de la production, sont envisagées et appliquées par tous les moyens, c'est pourquoi l'activité des organisations internationales que élaborent des recommandations à caractère normatif et de typisation est appréciée à sa juste valeur.

Les standards d'état tendent à refléter les recommandations internationales, dont le but est la réunification et la typisation des produits, et à adopter ces normes aux conditions spécifiques de notre pays.

L'introduction à une échelle toujours plus large de la mécanisation et de l'automatisation, l'emploi des calculatrices électroniques pour le controle et le réglage du processus de production, tous ces facteurs contribuent d'une manière prépondérante à l'accomplissement des taches qui incombent à l'industrie électrotechnique.

CD 621.312 (498) UEPC (09)

Popovici V., Stanciu V. : **L'Usine „Electroputere" de Craiova, création du régime de démocratie populaire.**

Electrotehnica 10 (1962) 6, 215 – 225

Le développement rapide de l'usine depuis 1948 est illustré par son organisation en grandes unités : fabrique de machines, de transformateurs, d'appareillage. On souligne aussi le rythme accéléré de l'accroissement de la production et du niveau technique des produits caractérisés par des indices spécifiques améliorés.

On a entrepris une nouvelle projection des produits, on a modernisé l'équipement et appliqué des processus technologiques modernes à haute productivité, ce qui a permis le perfectionnement incessant des produits, jusqu'à atteindre le niveau des grands pays industriels.

CD. 621.317.333.82 ICET (498)

Hortopan Gh. : **La contribution de l'Institut de recherches électrotechnique I.C.E.T. à la résolution des problèmes d'essai à l'impulsion**

Electrotehnica 10 (1962) 6, 226 – 230

On présente les résultats des recherches théoriques et expèrimentales pour perfectionner les essais de haute tension. On a élaboré des stations d'impulsion aux dispositifs spéciaux de synchronisation, diviseurs de tension, shunts spéciaux de courant générateurs d'impulsions réitérées jusqu'à 10 kV pour la défectoscopie et les essais de laboratoire et de type des machines. On a construit et étudié des modèles électromagnétiques de transformateurs et l'on a accordé de l'assistance aux fabriques de machines, transformateurs et appareillage. On demande l'élaboration de recommandations CEI pour l'essai des machines électriques aux ondes d'impulsion et des transformateurs, à onde coupée.

CD. 621.312 : 621.39 (498) 09)

Lăzăroiu F. D. : **Développement de l'industrie électronique de la R.P.R.**

Electrotehnica 10 (1962) 6, 231 – 236

Dans le présent article il est montré que durant les 14 ans depuis la nationalisation, l'usine „Electronica" a connu un rythme de développement très vif. On a reçu une assistence considérable de la part des instituts de recherche avec des domaines d'activité connexes. La spécialisation des entreprises et l'augmentation des espaces de fabrication ont créé les prémises de la fabrication de grande série.

La production globale de l'usine „Electronica" s'est accrue de 16 fois entre 1949 et 1959, et en 1961 on a produit l'appareil de radioréeption avec le numéro de série 1 000 000.

La production des usines au profil électronique s'est augmenté sans cesse le nombre d'assortiments s'est accrû et la qualité est toujours améliorée.

NOTES 237 – 239

DISCUSSIONS 239 – 241

COMPTES-RENDUS 242 – 244

CONTENTS

DC. 061.3 : 3 CEI „1962".

REC : Welcome to the XXVII Meeting of the I.E.C., Bucharest, June 24 — July the 7th

Electrotehnica 10 (1962) 6, 189 — 190

DC 621.312 (498) (09)

Ghiță N. : **The progress made by the electrotechnical industry in the R.P.R.**

Electrotehnica **10** (1962), 6, 191 — 197

This paper emphasizes the rapid development of our electrotechnical industry over the last 15 years.

Some data are given concerning the dynamics of production and improvement of the technical level of products rendered evident by several characteristic indexes. The outstanding success of the introduction of unitary series of asynchronous machines, power transformers and other equipment is shown.

Some information is also given concerning the electric equipment for traction purposes, and for machine-tools including the automatic electric devices.

Scientific research work carried out in specialized institutes and in industrial laboratories as well as the careful training of technicians are helpful to production and its future development.

DC 621.311.1 (498) (09)

Gheorghiu N. : **The development of the power industry in the R.P.R.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 198 — 205

The backwardness is shown of the electroenergetic equipment inherited from the bourgeois-landlord regime, emphasizing the huge leap made during the People's Democracy.

The first electrification plan (1951 — 1960) has been flufilded and surpassed much ahead of time. The further development of electrification will strongly stimulate and support the development of agriculture and transports as well as of our national economy as a whole.

DC. 621 + 621.312 : 659.5

Ivancenco A. : **Seme problems relating to the economic effectivenes of modern technics.**

Electrotehnica **19** (1962) 6, 206 — 214

The continuous improvement of the technical level of production is a characteristic feature of the present stage of the construction of socialism in our country.

The importance is stressed of introducing modern-equipment and apparatus-with high technological parameters, and adopting a highly efficient, up-to-date technology as well as a rational organization of the production process as a whole.

The typization as well as the specialization of production are pursued by all means taking into consideration the recommendations of the international organizations concerning standardization and typization problems.

The aim of state standards is to reflect the international recommendations in view of the re-unification and typization of products and to adapt the respective provisions to our specific conditions.

The large scale utilization of mechanization and automation, the use of electronic computers to control and commend the production process, are most important factors in fulfilling the tasks of the elctrotechnical industry.

D.C. 621.312 (498) UEPC (09)

Popovici V., Stanciu V. : **The „Electroputere" works in Craiova, an achievement of our People's Democracy.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 215 — 225

The rapid development of this works starting with 1948 is illustrated, showing the rational organization by large production units : machines, transformers, gears.

The high rate of production increase as well as the rise in the technical level of products characterized by improved specific indexes are pointed out.

The re-disigning of products together with the modernization of the equipment ant the adaptation of highly productive modern technological processes contributed to the continuous improvment of the quality of products which has now reaches the level of the big industrial countries.

DC. 621.317.333.82 ICET (498)

Hortopan Gh. : **The contribution of the Electrotechnical Research Institute to the solution of problems relating to impulse tests.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 226—230

Results are given of theoretical and experimental researches concerning the improvement of high-tension tests.

Some impulse stations with special synchronization devices, potenctial dividers, special high quality shunts, repeated impulse generators up to 10 kV for defectoscopy and laboratory and machine type tests. Several electromagnetic models of transformers were built and studied and full support has been given to factories producing transformers and gears. The elaboration of some IEC recommendations is required for testing the electric machines with impulse waves and transformers with chopped waves.

DC. 621.312 : 621. 39 (498) (09)

Lăzăroiu F. D. : **The development of the electronic industry in the R.P.R.**

Electrotehnica **10** (1962) 6, 231 — 236

The author describes the big rate of development known by the „Electronica" works during the 14 years subsequent to the nationalization of indutry.

This enterprise has been strongly helped by the research institutes connected with the field of activity. Specialization of enterprises and increased fabrication surfaces have created conditions of transition to mass production.

The overall output of „Electronica" works became 16 times higher during the 1949—1959 period and a radioreceiver bearing the serial number of 1 000 000 was produced in 1961.

The output of electronic works is continuously raising, their assortments are richer and of better quality.

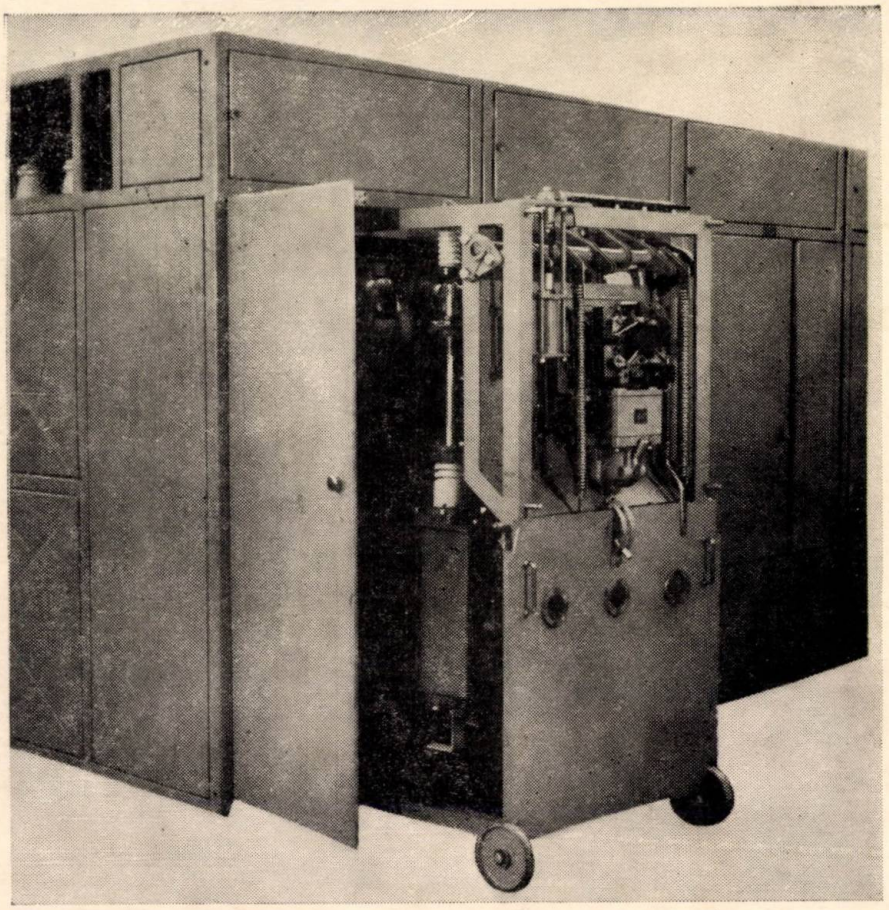
NOTES 237 — 239

DISCUSSION 239 — 241

ABSTRACTS 242 — 244

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ORSZÁGOS
1963

Revista „ELECTROTEHNICA", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Metalurgiei și Construcțiilor de Mașini. Editor: Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. Redacția și Administrația: București, Str. Ion Ghica, nr. 3. Raionul T. Vladimirescu. Telefon 13.57.38.—14.06.24. Redacția își rezervă toate drepturile privind lucrările precum și materialul grafic-ilustrativ apărut în revistă, cît și privitoare la traducerea în limbi străine. Se admit extrase, referate sau comentarii numai cu indicarea completă a sursei. Revista apare lunar. Abonamente anual: pentru întreprinderi lei 100, individuale lei 30. Prețul unui exemplar: lei 5. Abonamentele se primesc la administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice ASIT-070124 B.R.P.R. Filiala „30 Decembrie" București. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2. — c. 2428

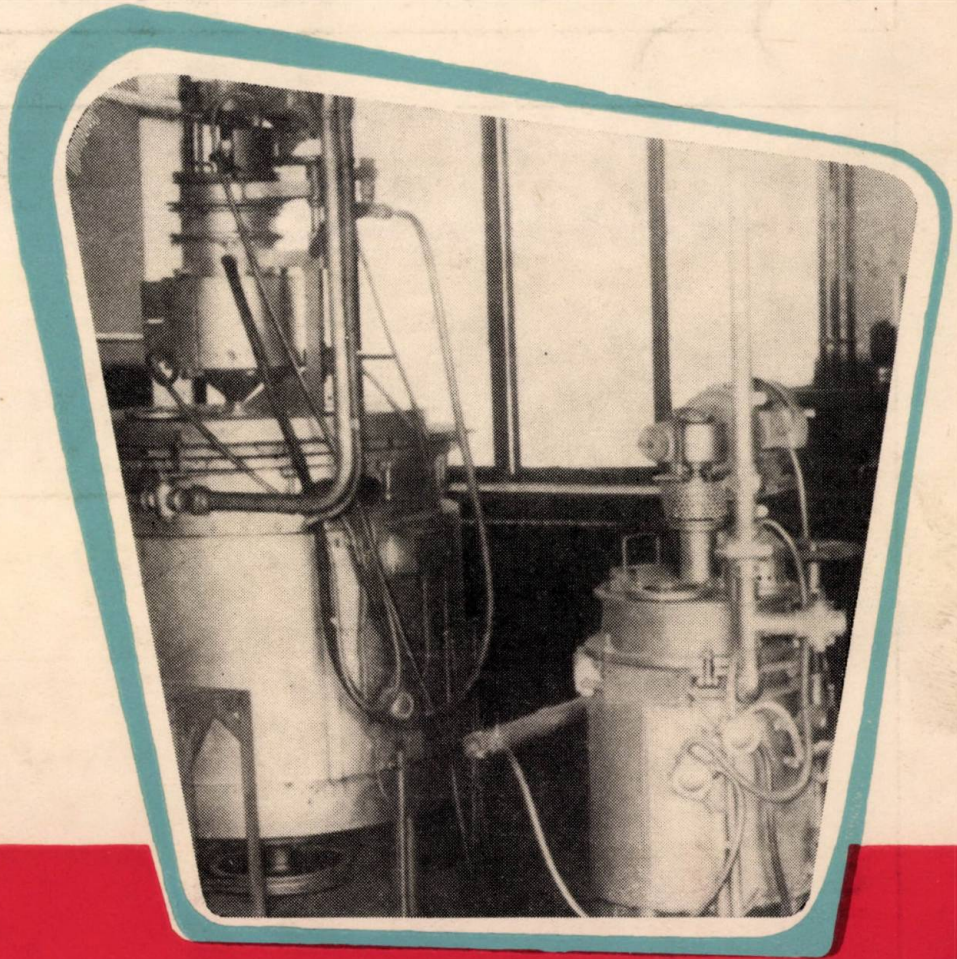


E 2040

R

REFERÁLVA

ELECTROTEHNICA



7

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 10 ★ nr. 7 ★ p. 245 — 284 ★ — iulie 1962

»Elektrim« *Industria electrotehnică poloneză*

furnizează:

- **Maşini trifazice de curent alternativ şi maşini de curent continuu.**
- **Transformatoare de putere cu sau fără reglaj de tensiune, transformatoare de sudură.**
- **Instalaţie de conexiune pentru înaltă şi joasă tensiune.**
- **Material electric pentru mine.**
- **Cuptoare electrice de diferite tipuri şi etuve.**
- **Cărucioare cu acumulatoare pentru transportul şi ridicarea greutăţilor.**
- **Instalaţii pentru măsurători electrice şi electronice, precum şi contoare de energie electrică.**
- **Echipamente teletehnice şi radiotehnice.**
- **Material de instalaţii pentru aplicaţii industriale şi casnice.**
- **Pile galvanice şi acumulatoare.**
- **Echipament de producţie a energiei electrice (pentru industrie şi pentru centrale electrice).**
- **Cazane pentru încălzire centrală.**

CALITATE EXCELENTĂ • PREŢURI CONVENABILE • TERMENE DE LIVRARE SCURTE

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

»Elektrim«

WARSZAWA 2, Czackiego 15/17, R. P. POLONĂ • Telegrame: ELEKTRIM—WARSZAWA • Telefon: 6-62-71 • Telex: 10415 • Cutia poştală: 254

A APĂRUT VOLUMUL IX

din

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

— ELABORARE NOUĂ —

Volumul conţine termenii directori care încep cu literele **H — Ky**

Costul unui volum 100 lei

ELECTROTEHNICA

Anul **10** nr. 7 iulie 1962

CUPRINS

CZ 621.385.83.042.12

V. Bunea, C. Iliescu, S. Haltrich și *I. Leibovici* : **Tehnologia circuitului magnetic al betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R.**

Electrotehnica *10* (1962) 7, 245—249

În cursul construcției circuitului magnetic al betatronului I.F.A., au fost rezolvate o serie de probleme specifice, referitoare la: asamblarea și solidarizarea miezurilor cu simetrie cilindrică, realizarea preciziei de execuție a geometriei întrefierului, uniformizarea caracteristicilor magnetice, realizarea unei bune izolații electrice. Au fost puse la punct unele procedee tehnologice speciale.

CZ 621.313.362.045.32

V. Corlățeanu și *I. Bergman* : **Autoexcitarea mașinilor trifazate cu colector. Considerații teoretice**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 250—256

Lucrarea, care cuprinde două părți, tratează mai întîi problema, în mod teoretic, cu privire la autoexcitarea mașinilor trifazate cu colector alimentate prin stator.

Se deduc condițiile de autoexcitare, în cazul general, și se dau expresiile frecvenței curenților de autoexcitare în toate cazurile. În încheiere se fac unele observații privind autoexcitarea compensatoarelor de fază.

CZ 621.316.923.3.091.57

I. Barbu : **Construcția și tehnologia seriei unitare de patroane fuzibile rapide cu filet de joasă tensiune de 6—100 A**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 256—265

Se descriu construcția, tehnologia și performanțele patroanelor fuzibile rapide cu filet de joasă tensiune pentru curenții nominali de 6—100 A, elaborate la Institutul de cercetări electrotehnice. Se dau caracteristicile de fuziune, curent funcție de timp pentru supracurenți și curenți de scurtcircuit cuprinși între 500 A_{ef} și 26 000 A_{ef}. De asemenea, sînt date caracteristicile de limitare a curentului pentru aceleași valori de curent.

PENTRU TINĂRUL INGINER

CZ. 621.314.2.001.24

A. Cupșa : **Contribuții la calculul transformatoarelor monofazate de mică putere** ($S < 500$ VA)

Electrotehnica, 10 (1962) 7, p. 266—273

După ce se arată unele caracteristici ale transformatoarelor de mică putere mai mici de 500VA, se descrie o metodică de calcul mult mai simplă decît metodele cunoscute. Această metodă este dezvoltată pe baza unor curbe experimentale, care dau căderea de tensiune în sarcină, funcție de puterea internă a transformatorului. Cu toate aceste simplificări, rezultatele teoretice sînt verificate de practică.

RECENZII 274—277

REFERATE 278—281

CRONICĂ 282—284

Fotografia de pe coperta I-a reprezintă instalația de turnare a rășinilor sintetice de la Uzinele „Electroputere"—Craiova, iar cea de pe coperta a IV-a, seria de motoare capsulate protecție P33, având răcire cu nervuri, fabricate la Uzinele „Electroputere"—Craiova

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.385.82.042.12

Bunea V., Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I.: **Технология магнитного контура бетатрона Института атомной физики Академии наук РНР.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 245–249

Во время построения магнитной цепи бетатрона ИАФ был решен ряд специальных вопросов, как: сборка и скрепление середечников цилиндрической симметрией, достижение точности геометрии межполюсного пространства, достижение равномерности магнитных характеристик, выполнение хорошей электрической изоляции. Разработаны некоторые специальные технологические процессы.

ДК 621.313.362.045.32

Corlăţeanu V., Bergman I.: **Самовозбуждение трехфазных машин с коллектором. Теоретические соображения.**

Electrotehnica 10 (1962), 7, 259–276

В работе, состоящей из двух частей, в начале рассматривается с теоретической точки зрения вопрос самовозбуждения трехфазных машин с коллектором, питающихся через статор. Устанавливаются условия самовозбуждения в общем случае и даются выражения частоты токов самовозбуждения для всех случаев. В заключение делаются некоторые замечания относительно самовозбуждения фазовых компенсаторов.

ДК 621.316.923.3.001.56

Barbu I.: **Конструкция и технология серии унитарных быстроплавких патронов с резьбой, низкого напряжения на 6—100 А.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 256–265

Описываются конструкция, технология и свойства быстроплавких патронов с резьбой, низкого напряжения для номинальных токов 6—100 А, разработанные Электротехническим научно-исследовательским институтом. Даются характеристики плавкости – ток в зависимости от времени для сверхтоков и токов короткого замыкания, заключающихся между 500 и 26 000 $A_ф$. Кроме того, даны характеристики ограничения тока для одинаковых значений тока.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.214.2.001.24

Cupşa A.: **К расчету однофазных трансформаторов небольшой мощности ($S < 500$ VA).**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 266–273

Показываются некоторые характеристики трансформаторов небольшой мощности на 500 VA и описывается более простой метод расчета в сравнении с существующими методами. Этот метод разработан на основе опытных кривых, которые дают снижение напряжения при нагрузке в зависимости от внутренней мощности трансформатора. Со всеми этими упрощениями теоретические результаты проверены на практике.

РЕЦЕНЗИИ 274–277

РЕФЕРАТЫ 278–281

ХРОНИКА 282–284

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.385.83.042.12

Bunea V., Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I.: **Die Technologie des Magnetfeldes des Betatrons des Instituts für Atomphysik der Akademie der RVR.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 245–249

Beim Bau des Magnetkreises des erwähnten Betatrons wurden eine Reihe von speziffischen Problemen gelöst im Zusammenhang mit dem Zusammenfügen und Verfestigen der Kerne mit zylindrischer Symmetrie, der präzisen Fertigung der Geometrie des Luftspaltes, der magnetischen Kenndaten und dem Erzielen einer guten elektrischen Isolation. Es wurden einige technologische Sonderverfahren ausgearbeitet.

DK 621.313.362.045.32

Corlăţeanu V., Bergman I.: **Die Selbsterregung der Drehstrommaschinen mit Kollektor. Theoretische Betrachtungen.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 250–256

Der aus zwei Teilen bestehende Aufsatz behandelt zunächst vom theoretischen Standpunkt die Frage der Selbsterregung der Drehstrommaschinen mit Kollektor die durch den Stator gespeist werden. Es werden die Selbsterregungsbedingungen im allgemeinen abgeleitet und der Ausdruck der Selbsterregerspannung für alle auftretenden Fälle angeführt. Abschliessend werden einige Bemerkungen über die Selbsterregung der Phasenschieber gemacht.

DK 621.316.923.3.001.57

Barbu I.: **Die Fertigung und die Technologie der einheitlichen Serie von raschschmelzenden Schraubpatronensicherungen für Niederspannung von 6–100 A.**

Electrotehnica, 7 (1962) 7, 256–265

Der Verfasser beschreibt die Bauweise, die Technologie und die Wirkleistung der raschschmelzenden Schraubpatronensicherungen für Nennströme von 6–100 A die im Forschungsinstitut für Elektrotechnik entwickelt wurden. Es werden die Schmelzkenndaten, Strom, Zeitfunktion für Überströme und Kurzschlussströme zwischen 500 A_{ef} und 26 000 A_{ef} angegeben. Gleichzeitig werden die Begrenzungskenndaten des Stromes für die gleichen Stromwerte angegeben.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.314.2.001.24

Cupşa A.: **Beiträge zur Berechnung der monophasischen Transformatoren** $S < 500$ VA.

Electrotehnica 10 (1962) 7, 266–273

Nach der Aufzählung einiger Kenndaten der Transformatoren mit einer Scheinleistung von weniger als 500 VA wird eine viel einfachere Berechnungsweise als die bisher bekannten Verfahren beschrieben. Dieses Verfahren wird auf Grund von experimentellen Kurven entwickelt die den Spannungsabfall im Verhältnis zur inneren Leistung des Transformators angeben. Trotz dieser Vereinfachungen wurden die theoretische Ergebnisse von der Praxis bestätigt.

BUCHBESPRECHUNGEN 274–277

REFFERATE 278–281

CHRONIK 282–284

MŰSZAKI KÖNYVTÁR · ORSZÁGOS · 1863

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 10 nr. 7, Bucureşti, iulie 1962

Tehnologia circuitului magnetic al betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R. P. R.

Victor Bunea, Constantin Iliescu, Ştefan Haltrich şi Iulian Leibovici* – Bucureşti

În cadrul lucrărilor de realizare a betatronului de 30 MeV al Institutului de fizică atomică, proiectarea şi construcţia circuitului magnetic au constituit probleme de bază a căror rezolvare a necesitat punerea la punct a unor tehnici noi, neîntîlnite pînă în prezent în ţara noastră.

Lucrarea de faţă prezintă o sinteză a experienţei tehnologice cîştigate cu această ocazie.

1. Consideraţii generale

Partea principală a unui betatron [1], [2], este un electromagnet compus din tole, similar cu un transformator în manta. În coloana centrală, electromagnetul conţine un întrefier, mărginit de piese polare cu simetrie cilindrică, care produc un cîmp uniform în partea centrală şi uşor scăzător înspre exterior. Alimentarea electromagnetului, în cazul betatronului I.F.A., se face cu o tensiune alternativă de frecvenţă de 50 Hz.

Realizarea practică a circuitului magnetic cere rezolvarea unor probleme legate în special de tehnologia miezurilor cu simetrie cilindrică. Aceste probleme au fost tratate în literatură numai parţial şi foarte sumar. Există, astfel, unele indicaţii referitoare la aşezarea tolelor şi la asamblarea lor în miezuri [3], [4], [5].

Pe lîngă dificultăţi tehnologice legate de realizarea izolaţiei electrice între tole, de asamblarea şi solidarizarea miezurilor cu simetrie cilindrică, de asigurarea preciziei de execuţie a geometriei întrefierului şi altele, realizarea unui accelerator de acest tip se caracterizează şi prin volumul mare al manoperei, ilustrat prin cîteva date: tolele care au fost acoperite cu material izolant sînt în greutate totală de peste 3 t, avînd o suprafaţă de circa 1 200 m² şi un contur total — care a fost controlat în întregime şi la nevoie prelucrat — de peste 25 km. Numărul total al tolelor este de peste 14 000, dintre care circa 10 000 în cele două miezuri; acestea au fost în prealabil asamblate prin lipire în peste 700 pachete.

2. Descriere generală şi caracteristici tehnice principale

Betatronul I.F.A. este o construcţie simetrică alcătuită din două miezuri şi şase juguri pentru închiderea fluxului (fig. 1). Excitaţia se face prin două bobine legate în serie, amplasate fiecare pe cîte un miez. Tensiunea maximă de excitaţie este de 6 kV, la care corespunde o putere aparentă de 1 000 kVA. În afară de cele două bobine principale, mai există o serie de bobine auxiliare. Tolele folosite sînt de tip E 4A, de 0,35 mm grosime, cu pierderi specifice de 1,3 W/kg.

Miezurile sînt alcătuite din pachete de tole, de grosimi şi lăţimi diferite, dispuse radial. Izolarea tolelor şi asamblarea lor în pachete, iar acestea, la rîndul lor, în miezuri, s-a realizat cu răşină epoxidică. Asamblarea miezurilor prin buloane, nituri sau sudură este în întregime evitată. Cele şase juguri sînt formate din tole izolate şi strînse cu buloane. Secţiunea jugurilor este dreptunghiulară. Jugurile pot fi deplasate prin rulare pe şine şi permit astfel ridicarea miezului superior şi schimbarea camerei de accelerare.

* Ing. *V. Bunea* este inginer proiectant principal la Uzina de maşini electrice „Dinamo" — Bucureşti, ing. *C. Iliescu* este şef de laborator adjunct la I.F.A. al Academiei R.P.R., ing. *S. Haltrich* şi ing. *I. Leibovici* sînt ingineri principali la I.F.A. al Academiei R.P.R.

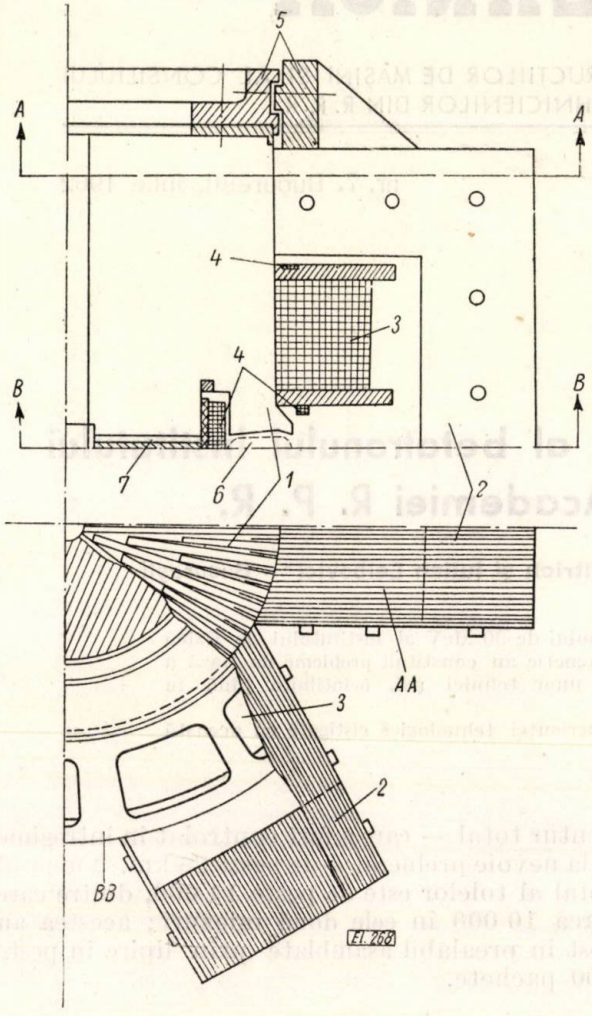


Fig. 1. Circuitul magnetic al betatronului I.F.A. (secțiune parțială verticală și orizontală):
1 — miez cu simetrie cilindrică; 2 — jug; 3 — bobină de excitație; 4 — bobine auxiliare; 5 — sistem de îmbinare și strîngere; 6 — cameră de accelerare; 7 — întrefier central.

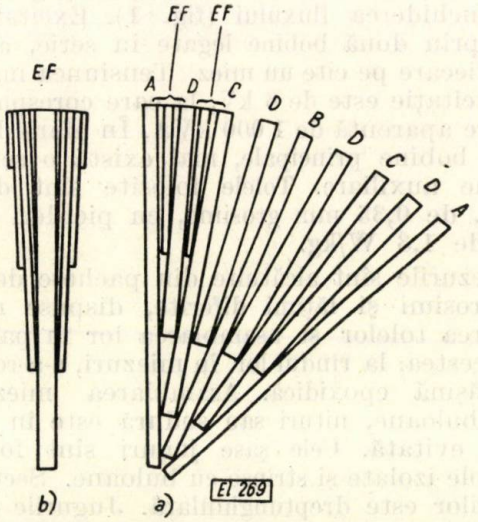


Fig. 2. Așezarea pachetelor de tole în miez:
a — sector reprezentînd 1/11 din secțiune;
b — pachet E F, la scară mărită.

În vederea reducerii vibrațiilor și pentru a se asigura reproductibilitatea la asamblare, sistemul de îmbinare și strîngere a celor opt piese

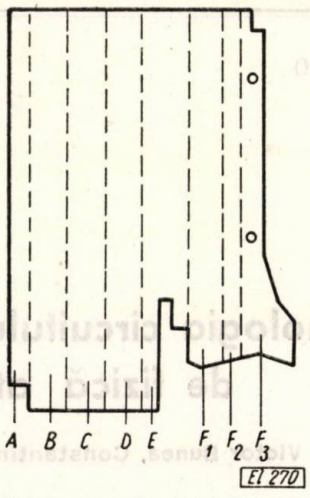


Fig. 3. Tipurile de tole folosite la realizarea miezului.

din care se compune circuitul magnetic a fost realizat cu deosebită atenție.

3. Condiții tehnice

Caracteristicile circuitului magnetic sînt determinate, în mare măsură, în afară de proiectare, de realizarea practică, adică de procesul tehnologic utilizat. Pentru punerea la punct a tehnologiei, pe baza soluției constructive rezultate din proiect, s-au luat două măsuri importante: în primul rînd au fost experimentate amănunțit toate aspectele tehnologice noi legate de izolarea și lipirea tolelor în pachete și în miezuri; în al doilea rînd, s-a dat o deosebită atenție dispozitivelor și matrițelor folosite.

În vederea realizării distribuției necesare a cîmpului magnetic în întrefier, procesul tehnologic trebuie să asigure următoarele condiții:

1. *Condiții de geometrie*: realizarea uniformității întrefierului la orice azimut, abaterile axiale permise fiind de $\pm$ 0,05 mm, realizarea cu precizie a suprafețelor cilindrice de îmbinare între juguri și miezuri și așezarea coaxială a celor două miezuri.

2. *Condiții de uniformitate magnetică*: tolele să posede aceleași caracteristici magnetice. Pentru aceasta s-au făcut verificări prin măsurări magnetice la fiecare unitate de ambalare, admițîndu-se abateri de $\pm 5\%$ pentru o inducție medie de 12 kG.

3. *Condiții de izolație electrică*: în vederea reducerii curenților turbionari, trebuie izolate toate tolele, o serie de porțiuni din circuitul magnetic care suferă prelucrări, precum și piesele de strîngere.

Îndeplinirea acestor condiții asigură, pe lîngă distribuția dorită a cîmpului magnetic funcție

de rază, reducerea neuniformităților azimutale ale cîmpului magnetic și asigurarea coincidenței planului median magnetic cu cel geometric, în limita abaterilor admise, care sînt de ordinul a 1 mm [1], [6].

Aceste condiții tehnice de bază specifice betatronului au fost prevăzute într-o normă internă, împreună cu încercările de control corespunzătoare.

4. Tehnologia miezurilor cu simetria cilindrică

4.1. *Descrierea miezurilor*

În cazul betatronului I.F.A. s-a aplicat o soluție originală de așezare a tolelor în miez, care se bazează pe realizarea unor pachete plane. Un miez se compune din mai multe sectoare identice, fiecare conținînd șase tipuri de pachete (fig. 2). Cinci dintre aceste tipuri de pachete sînt plan-paralele, iar al șaselea, care are dimensiunea radială cea mai mică, are o secțiune trapezoidală, fiind la rîndul lui format dintr-un pachet plan și cîteva tole cu dimensiunea radială redusă. Așezarea într-o anumită ordine a acestor pachete contribuie la umplerea foarte bună a secțiunii în zona de ghidare și, pe de altă parte, lasă în partea centrală a miezului canale triunghiulare care servesc pentru răcire. În felul acesta s-a urmărit o așezare cît mai radială a tuturor tolelor, fapt care contribuie la obținerea unei diferențe radiale de fază mici.

Fazele procesului tehnologic de realizare a miezurilor sînt următoarele: ștanțarea și izolarea tolelor, formarea pachetelor, asamblarea și solidarizarea miezurilor, prelucrări și verificări după solidarizare.

4.2. *Ștanțarea tolelor*

Pentru ștanțarea tolelor miezurilor, s-a realizat o singură matriță, în care s-au introdus tole tăiate în prealabil la dimensiunea radială corespunzătoare.

În figura 3 se arată tipurile de tole. Pentru ușurarea asamblării în pachete, în tolă sînt prevăzute și cîteva găuri de ghidare. S-a dat o atenție mare debavurării tolelor în zona de focalizare, făcîndu-se asemenea operații — la nevoie — chiar manual.

4.3. *Izolarea tolelor*

S-a folosit rășină epoxidică la care s-a adăugat praf de talc [7] în proporție de 25%. Adaosul de talc contribuie la păstrarea calității izolației, atunci cînd tolele se lipesc ulterior în pachete. Depunerea materialului izolant s-a realizat cu valțul. Consumul mediu de rășină a fost de 23 g/m^2.

4.4. *Formarea pachetelor*

Lipirea tolelor în pachete s-a făcut tot cu rășină epoxidică, folosindu-se dispozitive de presare. S-a trecut apoi la formarea subansamblelor cu secțiune trapezoidală, după cum se vede în figura 2, realizate prin lipirea împreună a cîte două pachete F și un pachet E. Pentru această operație au fost folosite alte dispozitive de presare special adaptate.

4.5. *Asamblarea și solidarizarea miezurilor cu simetrie cilindrică*

Dispozitivul pentru asamblare și strîngere a miezurilor este arătat în figura 4. Mai întîi, pe placa de bază, care reproduce profilul tolei, se așază pachetele într-o ordine bine stabilită. Un miez este compus din 11 sectoare identice (fig. 2). Pentru ușurarea strîngerii și uniformizarea presiunii pe toată circumferința, în locul pachetelor A s-au introdus într-o primă fază cîte două plăci de oțel, iar după introducerea tuturor pachetelor s-a presat printre ele cîte o a treia placă în formă de pană (fig. 5). Operația următoare a constat în înlocuirea acestui sistem de plăci cu pachetele A.

Strîngerea radială s-a realizat printr-un inel conic care apasă asupra unor segmenți conici. Strîngerea în direcție axială s-a realizat atît la bază, pe porțiunea conică a polilor, cît și în porțiunea superioară, acoperită cu o placă de oțel, de asemenea lipită cu rășină epoxidică. Unele corecții geometrice suplimentare au fost efectuate în timpul cît miezul a fost încălzit pentru întărirea rășinii.

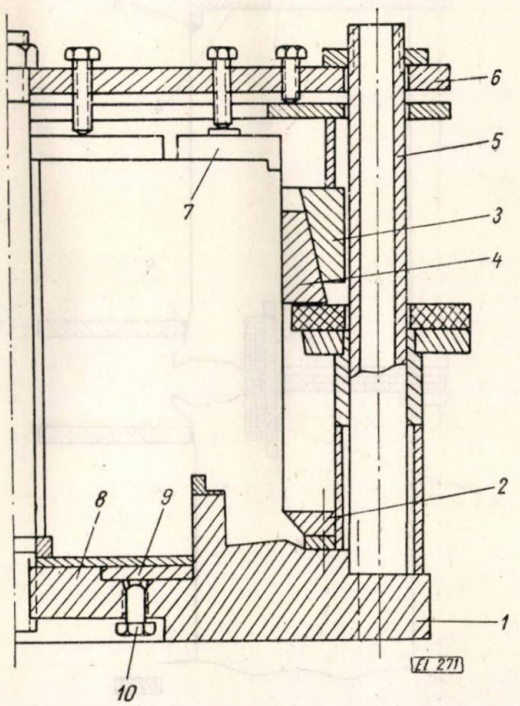


Fig. 4. Dispozitiv pentru asamblarea și presarea miezului: *1* — placă de bază; *2* — inel conic pentru strîngere axială; *3* — inel conic pentru strîngere radială; *4* — sector conic de 120°; *5* — coloană; *6* — placă superioară; *7* — inel de oțel; *8* — placă de textolit; *9* — inel de oțel; *10* — șurub aruncător.

Pentru asigurarea coaxialității miezurilor, s-a procedat în felul următor: în primul rînd, miezurile au fost montate pe un strung-carusel și centrate după profilul pieselor polare; în această poziție, s-a prelucrat placa de textolit care este lipită pe partea centrală a fiecărui miez, asigurîndu-se suprafețe de așezare plane; în al doilea rînd, carcasa bobinelor interioare a

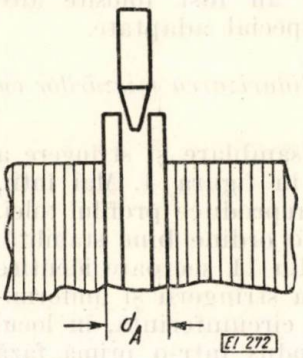


Fig. 5. Metoda de presare a pachetelor în miez în timpul asamblării.

fost lipită pe miezul inferior, contribuind de asemenea la așezarea coaxială a miezurilor. Lipirea flanșelor și presarea bobinajului pe miezuri asigură o fixare solidă a bobinelor. S-a folosit pentru aceasta o rășină epoxidică care se întărește la temperatura ambiantă. Legarea la masă a tolelor a fost realizată prin placa de solidarizare care nu este parcursă de flux (fig. 6, poz. 3).

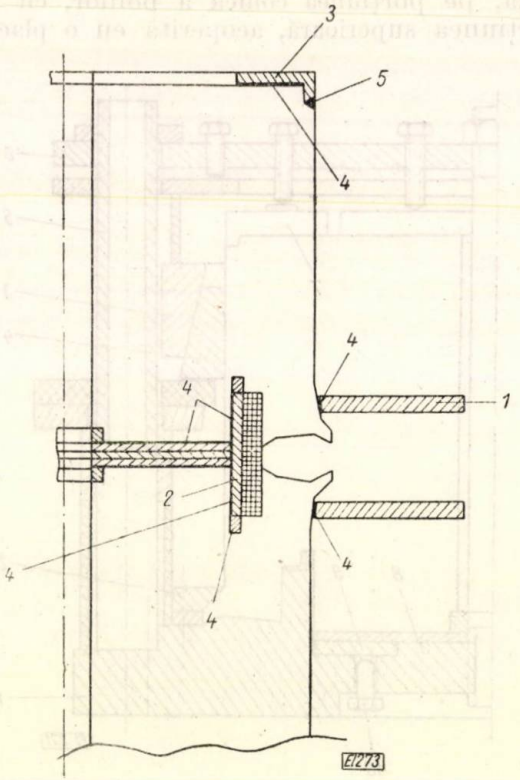


Fig. 6. Lipituri cu rășină epoxidică pe miez:
1 – flanșele bobinelor de excitație; *2* – carcasa bobinelor auxiliare interioare; *3* – inel de oțel; *4* – locuri de lipire cu rășină epoxidică; *5* – legătura la masă a tolelor.

4.6. *Verificări*

Verificarea preciziei de execuție a miezurilor s-a făcut în direcția axială și radială (fig. 7), folosindu-se un comparator micrometric. Abaterile axiale la raza orbitei de echilibru sînt de $\pm$ 0,05 mm, în afară de unele abateri mai mari (pînă la $\pm$ 0,2 mm), considerate însă admisibile, deoarece sînt în zone înguste, de ordinul milimetrilor în direcție azimutală. Suprafața cilindrică de îmbinare cu jugul prezintă abateri de $\pm$ 0,35 mm față de cercul mediu, considerate de asemenea admisibile. În zona polilor, abaterile sînt mult mai mici, datorită ghidării pachetelor în dispozitivul de asamblare.

Verificările referitoare la izolația tolelor lipite în pachete s-au făcut măsurîndu-se rezistența electrică dintre două sonde aplicate pe fețele laterale. S-a obținut maximum 600 Ω/cm^2 pe strat izolator, valoare superioară celei recomandate în literatură [7] pentru mașini electrice asincrone. Existența unei izolații suficient de bune a fost confirmată și de rezultatele măsurării neuniformităților de fază (cap. 6). Măsurarea rezistenței de izolație după asamblarea miezurilor nu a fost posibilă, datorită apariției contactelor între tole și placa de oțel.

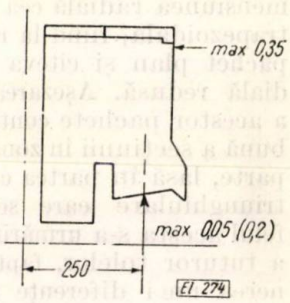


Fig. 7. Verificarea preciziei de execuție a miezului.

5. Tehnologia figurilor

Tolele au fost ștanțate prin două operații succesive, cu aceeași matriță. Pentru izolarea tolelor s-a folosit rășină epoxidică numai la 50% dintre ele, iar restul a fost izolat cu lac de bachelită. La asamblare s-au intercalat tolele izolate prin cele două metode. În porțiunile de îmbinare cu miezul, curbura necesară s-a realizat prin strunjirea pachetului de tole. După această operație a fost necesară desfacerea parțială a pachetului de tole, curățirea bavurilor și reizolarea. Controlul realizării ulterioare a curburii s-a făcut cu un calibru special construit. Punerea la masă a tolelor se face printr-o bară, în partea inferioară a fiecărui jug (fig. 8).

Verificările referitoare la geometria jugurilor au dat următoarele rezultate: abaterile față de suprafața ideală de curbură sînt sub 0,6 mm și apar în zone relativ înguste; abaterile axiale dintre cele două suprafețe curbe ale fiecărui jug sînt sub 1 mm, de asemenea în zone înguste (sub 20 mm în direcția azimutală). Aceste abateri au fost admise, avînd în vedere că distribuția de flux este uniformizată, datorită existenței unui mic întrefier pe toată suprafața de

îmbinare și prin redistribuirea fluxului în miez înainte de a ajunge la piesa polară.

Rezistența de izolație a tolelor a fost măsurată după strîngerea definitivă a jugului, ob-

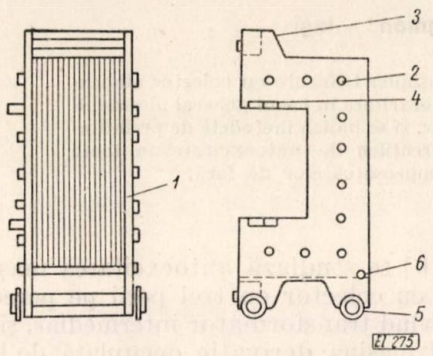


Fig. 8. Jugul (vedere din spate și laterală):
1 — placă de strîngere; *2* — bulon de strîngere; *3* — piesă pentru fixare cu miezul; *4* — piesă pentru fixarea flanșelor bobinelor de excitație; *5* — role pentru deplasare pe șine; *6* — legătura la masă a tolelor.

ținîndu-se 57—230 Ω/cm^2 pe strat izolator. Reducerea rezistenței în comparație cu cea găsită la miezuri se explică prin existența unor contacte punctiforme inevitabile în vecinătatea buloanelor și prin modul diferit de realizare a izolației.

6. Concluzii

Procesul tehnologic utilizat a demonstrat avantajul folosirii rășinii epoxidice pentru izolarea și lipirea tolelor, în vederea formării miezurilor cu simetrie cilindrică. După montări și demontări repetate, s-a constatat că reproducerea geometriei întrefierului se face în bune condiții. După îndeplinirea programului de măsurări magnetice, s-au tras următoarele concluzii [8], [9]:

a) Neuniformitățile azimutale de amplitudine depind de felul în care se realizează strîngerea întrefierului, componenta lor fundamentală rămînînd însă totdeauna mai mică decît cea a neuniformităților azimutale de fază. Cele de fază nu au un efect negativ sensibil asupra bunei funcționări a betatronului. În general, se lucrează fără corecții ale neuniformităților azimutale de fază. Din această cauză, s-a tras concluzia că atît uniformizarea caracteristicilor magnetice cît și izolarea tolelor s-au făcut în bune condiții.

b) Distribuiția radială a cîmpului magnetic este asemănătoare cu cea calculată și predeterminată prin încercări pe modele. Uniformitatea ei pe azimut este de asemenea bună.

c) Planul median magnetic nu are abateri mai mari decît $\pm$ 1,5 mm, față de planul median geometric.

*

În încheiere, mulțumim muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor de la Uzina de mașini electrice „Dinamo"-București, precum și colectivului atelierelor I.F.A., pentru contribuția lor la realizarea circuitului magnetic al betatronului.

Bibliografie

[1] *Haltrich, S.* și *Leibovici, I.* Betatronul, Electronica și automatica, **1**, 1957, nr. 3, p. 119—129.

[2] *Ciorăscu, F., Iliescu, C., Haltrich, S., Leibovici, I., Grecescu, M.* și *Baciu G.* Folosirea betatronului în defectoscopia industrială. Comunicare prezentată la Colocviul de fizică aplicată, București, noiembrie, 1960 Tehnica nucleară, **4**, 1961, nr. 2, p. 75—85).

[3] *Kerst, D. W.* A 20 Million Electron Volt Betatron or Induction. Accelerator, Rev. Sci. Instr., 13, 1942, p. 387—394.

[4] *Schiltenhelm, R.* Ein 15 MeV Betatron als Strahlenquelle fur zerstorungsfreie Werkstoffprüfung, Siemens Z., 1955, p. 433—491.

[5] *Ghelperin B. B.* Prințipî proiektirovaniia i osnovnîe dannîe betatronîh ustanovok M.T.Z., Atomnaia Energhia, 7, 1959, p. 509—518.

[6] *Iliescu, C., Haltrich, S.* și *Leibovici, I.* Măsurarea parametrilor magnetici ai betatronului Institutului de fizică atomică al Academiei R.P.R., Electrotehnica, 10, 1962, nr. 1, 4 și 5.

[7] *Divis, K.* Verfahren zur Isolierung von Dynamoblechen in elektrischen Maschinen. Deutsche Elektrotechnik, **9**, 1955, p. 94—97.

[8] *Ciorăscu, F., Baciu, G., Grecescu, M., Haltrich, S. Iliescu, C.* și *Leibovici, I.* Metodika puska i naladki betatrona. Comunicare la Colocviul asupra fizicii și tehnicii betatroanelor, Jena (R.D.G.), iulie 1961.

[9] *Haltrich, S., Iliescu, C.* și *Leibovici, I.* Izmerenie koeffițienta spadaniia magnitnovo polia „n" betatrona I.F.A. iz Buharesta. Comunicare la Colocviul asupra fizicii și tehnicii betatroanelor, Jena, R.D.G., iulie, 1961.

Autoexcitarea mașinilor trifazate cu colector

A. Considerații teoretice

Vasile Corlățeanu și Iosif Bergman* – Iași

Se prezintă un studiu teoretic al autoexcitării mașinilor trifazate cu colector alimentate prin stator. Se deduc pe cale teoretică condițiile de autoexcitare în cazul general al mașinilor alimentate prin stator, având transformator intermediar, și se indică metodele de preîntîmpinare a autoexcitării. Se dau expresiile frecvenței curenților de autoexcitare în toate cazurile. Se fac unele observații privind autoexcitarea compensatoarelor de fază.

1. Introducere

Motoarele trifazate cu colector au aplicații în cele mai diferite domenii, ca: industria textilă, poligrafică, industria hîrtiei, la unele mașini-unelte, mașini de ridicat etc. Una dintre problemele care a preocupat Conferința de la Durkheim, din 1957, privind mașinile electrice cu execuție specială a fost și aceea a mașinilor mari trifazate cu colector [1]. S-a arătat că se comstruiesc azi motoare trifazate cu colector, cu putere pînă la 1 600 kW, sau cascade cu mașini Scherbius, pînă la 6 400 kW, cu raze largi de variație a vitezei. De asemenea, se indică utilizarea unor asemenea mașini pentru instalații mari de laminoare.

Fenomenul de autoexcitare a mașinilor trifazate cu colector constă în apariția, în anumite situații de funcționare, a unor curenți de o anumită frecvență și amplitudine, care depind numai de impedanțele mașinii și rețelei.

Acest fenomen este în general nedorit, pentru că, în anumite regimuri de funcționare, face imposibilă utilizarea acestor mașini.

Din literatură [2], [3], [4] se constată că problema a constituit o preocupare nerezolvată complet încă din 1911 de către Rüdenberg. Un articol fundamental în problema autoexcitării mașinilor serie trifazate este acela al lui J. Kozicek [5], apărut în 1935.

În literatura indicată se analizează în special fenomenul de autoexcitare a mașinilor trifazate serie cu colector, fără transformator intermediar cu trei perii pe perechea de poli. De asemenea, se studiază unele fenomene de autoexcitare care apar suplimentar la mașinile cu șase perii pe perechea de poli. Se arată că, în aceste cazuri, autoexcitarea provoacă serioase dificultăți de comutație, produce perturbări în rețea și face ca mașina să aibă randamentul foarte scăzut.

În [2] se indică și posibilitatea autoexcitării mașinii trifazate derivație cu colector, alimentată prin stator la decuplarea acesteia de la rețea.

În [6] se studiază autoexcitarea mașinii trifazate cu colector cu trei perii pe perechea de poli, avînd transformator intermediar, și în mod special mașina derivație decuplată de la rețea. Se stabilesc pe cale teoretică și se verifică experimental condițiile de autoexcitare și influența diverșilor parametri asupra curenților și tensiunilor ce se obțin. În [7] și [8] se studiază funcționarea în regim de generator independent, cu sarcina în serie sau în derivație cu circuitul primar, a mașinii trifazate autoexcitate, și se compară cele două regimuri.

În [8] se mai fac unele observații privind posibilitatea funcționării mașinii trifazate serie ca generator pe rețea.

Autoexcitarea mașinilor trifazate derivație cu colector, alimentate prin rotor, a constituit obiectul unui alt studiu [9].

Fenomenul de autoexcitare poate fi folosit de asemenea pentru crearea de compensatoare de fază și pentru frînarea motoarelor trifazate cu colector [6], [7], [8], [9].

În cele ce urmează se va sintetiza și întregi problema autoexcitării mașinilor trifazate cu colector. Se va începe cu un studiu teoretic, care va permite determinarea condițiilor și frecvenței curenților de autoexcitare a mașinilor trifazate cu colector, și se va termina cu prezentarea unor date experimentale, care vor duce la concluzii practice pentru funcționarea în acest regim.

2. Considerații teoretice privind autoexcitarea mașinii trifazate cu colector alimentate prin stator cu transformator intermediar avînd trei perii pe perechea de poli

2.1. *Condițiile de apariție a autoexcitării*

Pentru ca într-o mașină trifazată cu colector să se producă fenomenul de autoexcitare, este necesar ca impedanța totală a mașinii și rețelei să fie nulă [2], [10]: $z = 0$.

În cazul general al mașinii trifazate cu colector alimentate prin stator, cu trei perii de perechea de poli, cu transformator intermediar și avînd în serie cu circuitul primar o impedanță

---

* Dr. ing. *V. Corlățeanu* este profesor de mașini electrice la Institutul politehnic-Iași, și conducătorul secției de cercetări tehnice a Academiei R.P.R. – filiala Iași; ing. *I. Bergman* este asistent la Institutul politehnic-Iași.

de sarcină oarecare $z_u = r_u + jx_u$ (fig. 1), ecuațiile forței electromotoare a circuitelor primar și secundar sînt:

$$\overline{E}_1 + \overline{E}_{1t} = (r_1 + jx_{1s})\,\overline{I}_1 + (r_{1t} + jx_{1t})\,\overline{I}_1 + z_u\overline{I}_1; \quad (1)$$

$$-\overline{E}_2 + \overline{E}_{2t} = (r_2 + jx_{2s})\,\overline{I}_2 + (r_{2t} + jx_{2t})\,\overline{I}_2, \quad (2)$$

în care:

E_1 și E_2 — sînt forțe electromotoare produse de înfășurările statorului și rotorului;

E_{1t} și E_{2t} — f.e.m. produse de înfășurarea primară și cea secundară a transformatorului intermediar;

I_1 și I_2 — curenții din circuitele primar și secundar;

r_1; r_2; x_{1s}; x_{2s} — rezistențele și reactanțele de scăpări ale înfășurărilor statorului și rotorului;

r_{1t}; r_{2t}; x_{1t}; x_{2t} — rezistențele și reactanțele de scăpări ale înfășurărilor transformatorului.

Raportul de transformare a transformatorului intermediar este $K_t = \frac{N_1}{N_2}$, unde N_1 și N_2 sînt numerele de spire ale unei faze din primarul și din secundarul acestuia.

Dacă se neglijează curentul de magnetizare a transformatorului intermediar, se poate scrie:

$$\overline{I}_2 = -K_t\overline{I}_1. \quad (3)$$

Prin scăderea relației (2) din (1), după ce s-a

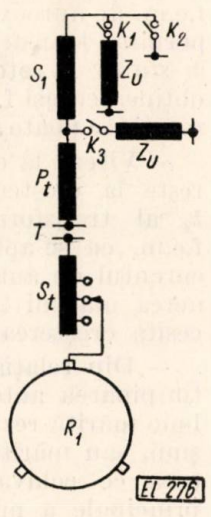


Fig. 1. Schema mașinii trifazate cu colector, alimentată prin stator, autoexcitată, cu transformator intermediar, avînd sarcina în serie sau în derivație.

înlocuit $\overline{E}_{1t} = K_t\overline{E}_{2t}$ și s-au raportat parametrii circuitului secundar la cel primar, se obține:

$$\overline{E}_1 + \overline{E}'_2 = (r_1 + r_{1t})\,\overline{I}_1 + (r_2 + r_{2t})\,K_t^2\overline{I}_1 + \\ + j(x_{1s} + x_{1t})\,\overline{I}_1 + jK_t^2(x_{2s} + x_{2t})\,\overline{I}_1 + z_u\overline{I}_1. \quad (4)$$

Fluxul total al mașinii serie cu transformator intermediar, raportat la axa fazei considerate a înfășurării statorului, este:

$$\overline{\Phi}_1 = \frac{3}{2}\,\lambda\left(k_{w1}\cdot w_1\overline{I}_1 - \frac{w_2}{\sqrt{3}}\,k_{w2}\,e^{j\alpha}\overline{I}_2\right), \quad (5)$$

și raportat la axa fazei respective a rotorului:

$$\overline{\Phi}_2 = \frac{3}{2}\,\lambda\left(w_1\cdot k_{w1}\cdot e^{j\alpha}\overline{I}_1 - \frac{w_2}{\sqrt{3}}\,k_{w2}\overline{I}_2\right), \quad (6)$$

unde:

λ — este permeanța totală corespunzătoare fluxului principal al mașinii;

α — unghiul de decalaj al periilor, considerat pozitiv dacă decalarea colierului de perii de la poziția de mers în gol ($\alpha = 0$) are loc în sensul de rotație a rotorului;

w_1 — numărul de spire pe fază la stator;

w_2 — numărul de spire dintre două perii ale rotorului;

k_{w1} și k_{w2} — coeficienții de înfășurare pentru stator și rotor.

F.e.m. produsă de fluxul principal în faza de referință a înfășurării statorului este:

$$\overline{E}_1 = -j\cdot\omega' : k_{w1}\cdot w_1\cdot\overline{\Phi}_1, \quad (7)$$

iar valoarea raportată la stator a f.e.m. produse de fluxul principal în faza corespunzătoare a înfășurării rotorului:

$$\overline{E}'_2 = -\frac{j}{\sqrt{3}}\,s'\cdot K_t\omega'\cdot w_2\cdot k_{w2}\cdot\overline{\Phi}_2, \quad (8)$$

$\omega' = 2\pi f'$ fiind pulsația curenților de autoexcitare, iar $s' = \frac{\omega' - \omega''}{\omega'}$, unde $\omega'' = \frac{2\pi pn}{60}$, alunecarea corespunzătoare.

Dacă se notează cu

$x_1 = \frac{3}{2}\,\omega'\,\lambda\,(w_1\,k_{w1})^2$ reactanța principală a înfășurării statorului, cu $k_m = \frac{w_2 k_{w2}}{\sqrt{3}\,w_1 k_{w1}}$ raportul de transformare al mașinii și se ține seamă de (3), ecuația (4) devine:

$$-jx_1(1 + K_tK_m e^{j\alpha})\,\overline{I}_1 - jx_1K_tK_m^2\left(K_t + \right. \\ \left. + \frac{1}{K_m}\,e^{-j\alpha}\right)s'\overline{I}_1 = (r_1 + r_{1t})\,\overline{I}_1 + (r_2 + r_{2t}) \cdot \\ \cdot K_t^2\overline{I}_1 + j\,(x_{1s} + x_{1t})\,\overline{I}_1 + \\ + j\,(x_{2s} + x_{2t})\,K_t^2\overline{I}_1 + z_u\overline{I}_1. \quad (9)$$

Se notează cu K raportul gobal de transformare [11]:

$$K = K_mK_t = \frac{N_r}{N_s}\,\frac{1}{2a}\,\frac{1}{K_{y1}}\,\frac{N_1}{N_2}, \quad (10)$$

N_s și N_r fiind numerele totale de conductoare ale înfășurării statorului și rotorului, $2a$ numărul de circuite derivate ale înfășurării rotorului și K_{y1} coeficientul de scurtare a pasului înfășurării statorului.

Ținînd seamă de faptul că $e^{\pm j\alpha} = \cos\alpha \pm$ $\pm$ j sin α, ecuația (9) devine :

$$r_{\hat{u}} + r_1 + r_{1t} + (r_2 + r_{2t}) K_t^2 - (1 - s') x_1 K \sin\alpha +$$
$$+ jx_{\hat{u}} + j(x_{1s} + x_{1t}) + j(x_{2s} + x_{2t}) K_t^2 + \quad (11)$$
$$+ jx_1 [1 + K\cos\alpha + K(K + \cos\alpha) s'] = 0.$$

Ecuația (11) reprezintă condiția de autoexcitare în cazul considerat, membrul întîi al acesteia fiind impedanța totală a mașinii.

Pentru mașina trifazată serie cu colector, z_u poate reprezenta impedanța rețelei. Într-adevăr, dacă în figura 1 se înlocuiește impedanța z_u conectată la întreruptorul K_1 prin rețeaua de alimentare, se obține motorul, respectiv generatorul serie trifazat cu colector.

Relația (11) nu se modifică esențial dacă se face $z_u = r_{\hat{u}} + jx_{\hat{u}} = 0$, deci fenomenul de autoexcitare poate apărea în cazul particular al mașinii serie decuplată de la rețea și scurtcircuitată. Din schemă se vede că se obține același caz și atunci cînd se decuplează de la rețea mașina derivație. Rezultă că relația (11), în care $z_u = 0$, reprezintă condiția de autoexcitare atît a mașinii trifazate serie scurtcircuitate, cît și a mașinii derivație decuplată de la rețea.

R. Richter [2] atrage atenția că la mașina derivație cuplată la rețea autoexcitația este mai puțin probabilă decît la mașina serie, deoarece curentul indus de fluxul remanent în înfășurarea rotorului trece în cea mai mare parte în rețeaua ce este de impedanță mică, și numai restul trece în înfășurarea statorului.

Înlocuind :

$$x_1 = \omega' L_1 \text{ și } \tau = \frac{x_{1s} + x_{1t} + K_t^2 (x_{2s} + x_{2t})}{x_1}$$

și separînd părțile reale de cele imaginare în relația (11), rezultă două condiții necesare pentru ca mașina să funcționeze autoexcitată :

$$r_1 + r_{1t} + (r_2 + r_{2t}) K_t^2 = \frac{2\pi\, pn}{60} K L_1 \sin\alpha = 0 \quad (12)$$

și

$$1 + \tau + K\cos\alpha + K(K + \cos\alpha) \frac{f' - \frac{pn}{60}}{f'} = 0. \quad (13)$$

Din relația (12) se obține viteza la care poate să apară autoexcitarea :

$$n = \frac{30}{\pi p} \frac{r_1 + r_{1t} + K_t^2 (r_2 + r_{2t})}{K_t K_m L_1 \sin\alpha} \quad (14)$$

Relația (14) duce la următoarele concluzii :

— Autoexcitarea poate să apară numai la decalarea periilor din poziția $\alpha = 0$ în sensul de rotație al cîmpului învîrtitor și al rotorului. Rezultă că, la mașina serie legată la rețea, autoexcitarea cu curenți de frecvență joasă poate apărea numai cînd aceasta funcționează ca generator. Prin urmare, motorul serie nu se poate autoexcita cu curenți de frecvență diferită de a rețelei.

— Autoexcitarea mașinii trifazate derivație cu colector decuplată de la rețea poate apărea numai cînd colierul de perii este decalat din poziția $\alpha = 0$, în așa fel încît să se obțină compensarea factorului de putere în funcționarea ca motor.

— Autoexcitarea nu poate să apară la $\alpha = 0$ și $\alpha = 180°$, însă apare la o viteză cu atît mai mică cu cît valoarea decalajului α este mai apropiată de 90°.

— Apariția autoexcitării va necesita o viteză cu atît mai mare cu cît rezistențele ohmice ale mașinii sînt mai mari : analog ca la generatoarele de curent continuu.

— Relația (14) sugerează ideea că fenomenul de autoexcitare trebuie să apară în aceleași condiții de viteză pentru α cuprins între 0 și 90° ca și între 90 și 180°. În realitate însă, aceasta nu are loc, deoarece expresia impedanței (11) nu este o relație simetrică în raport cu $\alpha = 90°$.

— Dacă crește raportul de transformare K_m al mașinii, viteza la care apare autoexcitarea devine mai mică. Aceasta se explică prin faptul că odată cu creșterea lui K_m crește cuplajul electromagnetic dintre stator și rotor, deci crește f.e.m. de autoexcitare indusă în stator, ceea ce permite transferul unei puteri mai mari de la stator la rotor, pe cale electrică. Pentru a obține aceeași f.e.m. de autoexcitare, viteza de rotație se poate scădea cînd K_m crește.

— Viteza la care apare autoexcitarea se mărește la creșterea raportului de transformare k_t al transformatorului, din cauza scăderii f.e.m. ce se aplică la perii. În aceste condiții, curentul de autoexcitare va scădea, iar menținerea mașinii în stare de autoexcitare va necesita creșterea vitezei de rotație n.

— Din relația (14) rezultă că, pentru preîntîmpinarea autoexcitării la o viteză dată, trebuie mărită rezistența ohmică a circuitelor mașinii, sau mărită saturația circuitului magnetic ceea ce echivalează cu scăderea inductanței principale a mașinii L_1.

— Dacă în relația (14) se face $K_t = 1$ și $r_{1t} = r_{2t} = 0$, se obține expresia cunoscută a vitezei la care are loc autoexcitarea, pentru mașina serie fără transformator intermediar [10].

2.2. *Frecvența curenților de autoexcitare*

Din relația (13) rezultă frecvența curenților de autoexcitare :

$$f' = \frac{K(K + \cos\alpha)}{1 + 2K\cos\alpha + K^2 + \tau} \cdot \frac{pn}{60}. \quad (15)$$

Această expresie a frecvenței curenților de autoexcitare la mașina cu transformator in-

termediar este identică cu cea dată de Michael [10] pentru mașina fără transformator.

Neglijînd în relația (15) coeficientul τ, adică considerînd fluxurile de scăpări neglijabile în raport cu fluxul principal, frecvența curenților de autoexcitare devine :

$$f' = \frac{K(K + \cos\alpha)}{1 + 2K\cos\alpha + K^2} \cdot \frac{pn}{60} = B\frac{pn}{60}, \quad (16)$$

în care :

$$B = \frac{K(K + \cos\alpha)}{1 + 2K\cos\alpha + K^2}.$$

Se observă că, pentru $K = 1$, $B = \frac{1}{2}$ pentru orice valoare a unghiului de decalaj al periilor α, și prin urmare frecvența curenților de autoexcitare va fi aproximativ egală cu jumătate din frecvența curenților mașinii sincrone cu același număr de poli și aceeași viteză. Pentru motorul serie, $K = 1$ reprezintă o condiție de funcționare apropiată de cea optimă [11]).

Dacă se face $K = -\cos\alpha$ se obține $f' = 0$, adică autoexcitarea trebuie să aibă loc în curent continuu. Relația (11) însă nu este valabilă în curent continuu, operația de raportare a parametrilor la înfășurarea primară fiind lipsită de sens. În acest caz, rezistența pe care transformatorul intermediar o opune curentului continuu fiind infinită, dispare posibilitatea de transmitere a unei energii de magnetizare de la stator la rotor, și deci autoexcitarea în curent continuu a mașinii cu transformator intermediar nu poate avea loc.

Pentru a obține $f' = \frac{pn}{60}$ vom face $B = 1$, adică $\cos\alpha = -\frac{1}{K}$. Se observă că B va fi apropiat de 1 numai pentru unghiuri α cuprinse între 90 și 180° (cos α negativ). De asemenea, valoarea $B = 1$ se va obține pentru α cu atît mai apropiat de 90° cu cît raportul de transformare K este mai mare.

Conform relației (10), motorul derivație funcționează la raportul de transformare global $K = 2 - \infty$. Pentru $K = 2$ se obțin, în mersul ca motor derivație în funcție de sensul f.e.m. injectate în rotor, vitezele teoretice de mers în gol de 0,5 sau 1,5 n_1, iar pentru $K = \infty$ mașina se transformă în motor asincron normal. Aici s-a notat cu n_1 viteza de sincronism a motorului.

Rezultă că în cazul autoexcitării mașinii derivație decuplate de la rețea se vor putea obține valori ale lui B apropiate de 1.

La valori subunitare pentru K, motoarele cu colector serie sau derivație funcționează cu parametri necorespunzători.

Prin derivarea funcției B în raport cu α, se observă că la $K = \text{const.}$ funcția B admite extreme pentru $\alpha = 0$ și $\alpha = 180°$, și la K supraunitar (cazul practic) funcția B și frecvența curenților de autoexcitare cresc o dată cu α în limitele 0—180°.

Din derivarea funcției B în raport cu K, rezultă că valorile extreme ale funcției B și deci ale frecvenței curenților de autoexcitare au loc numai pentru α cuprins între 90 și 180°. Frecvența curenților de autoexcitare crește cu creșterea lui K, pentru $\alpha < 90°$; la $\alpha = 90°$ atinge maximul pentru $K = \infty$ iar la $\alpha = 180°$ pentru $K = 1$. Ultimele două cazuri nu sînt practic realizabile.

Din studiul teoretic al variației frecvenței se desprind următoarele concluzii :

— Expresia frecvenței curenților de autoexcitare nu se modifică cînd se introduce transformatorul intermediar.

— Frecvența curenților de autoexcitare depinde de viteza de rotație n, de unghiul de decalaj al periilor α și de raportul de transformare K.

— Se dovedește că și la generatoarele trifazate cu colector independente, cu transformator intermediar, frecvența curenților este în general mai mică decît cea a generatorului sincron cu același număr de poli și cu aceeași viteză.

— La viteză constantă și raport de transformare constant frecvența curenților de autoexcitare crește cînd α crește.

— Pentru $0 < \alpha < 90°$, frecvențele cresc cu creșterea raportului de transformare K (la K supraunitar), viteza de rotație fiind constantă.

— În eventualitatea folosirii unor asemenea mașini ca generatoare trifazate cu colector funcționînd independent, frecvența acestora poate fi reglată fără modificarea vitezei de rotație, prin simpla deplasare a colierului de perii sau prin variația raportului de transformare K.

— În cazul existenței transformatorului intermediar, autoexcitarea în curent continuu nu poate avea loc.

2.3. *Generatorul trifazat cu colector, autoexcitat, independent, avînd sarcina în serie cu circuitul primar*

În acest caz de funcționare a mașinii trifaz ate cu colector, este valabilă expresia impedanței date în relația (11).

Din partea reală a expresiei (11) se obține viteza la care se produce autoexcitarea :

$$n = \frac{30}{\pi p} \cdot \frac{r_u + r_1 + r_{1t} + K_t^2(r_2 + r_{2t})}{K_t K_m L_1 \sin\alpha}. \quad (17)$$

Se observă că viteza la care apare autoexcitarea crește cu mărirea valorii rezistenței ohmice a sarcinii și nu este influențată de prezența unei sarcini reactive în serie.

În partea imaginară a relației (11) nu intervine rezistența ohmică r_u, și prin urmare frecvența curenților de autoexcitare nu depinde de

rezistența ohmică introdusă în serie cu circuitul primar.

Dacă presupunem că sarcina montată în serie cu circuitul primar este numai inductivă, adică $x_u = \omega' L_u$, și dacă se notează $\tau_u = \frac{x_u + x_{1s} + x_{1t} + (x_{2s} + x_{2t}) K_t^2}{x_1}$, partea imaginară a relației (11) ne dă frecvența curenților de autoexcitare :

$$f'_L = \frac{K(K + \cos\alpha)}{1 + 2K\cos\alpha + K^2\tau_u} \cdot \frac{pn}{60} . \qquad (18)$$

Din relația (18) se constată că, la conectarea în serie cu circuitul primar al mașinii a unei reactanțe inductive, frecvența curenților de autoexcitare scade.

Dacă componenta reactivă a impedanței de sarcină z_u este formată dintr-o inductanță și un condensator legate în serie, $x_u = \omega' L_u - \frac{1}{\omega' C}$ din partea imaginară a expresiei (11), ținînd seamă de (18) se obține frecvența curenților de autoexcitare :

$$f'_{LC} = \frac{f'_L}{2} + \sqrt{\left(\frac{f'_L}{2}\right)^2 + \frac{1}{4\pi^2 L_1 C (1 + 2K\cos\alpha + K^2 + \tau_u)}} \qquad (19)$$

S-a renunțat la semnul minus din fața radicalului, frecvențele negative neavînd sens.

Dacă lipsește inductanța L_u se poate neglija τ_u în relațiile (18) și (19).

Relația (19) ne arată că condensatoarele legate în serie cu circuitul primar al mașinii trifazate autoexcitate duc la creșterea frecvenței curenților de autoexcitare, în cazul cînd lipsesc, însă frecvența va crește cu atît mai mult cu cît capacitatea și raportul de transformare vor fi mai mici și unghiul de decalaj al periilor va fi mai mare.

2.4. *Generatorul trifazat cu colector, autoexcitat, independent, avînd sarcina în derivație cu circuitul primar*

Din figura 1 rezultă că pentru a obține acest regim de generator trebuie să se închidă întreruptoarele K_2 și K_3.

Urmărind schema echivalentă a mașinii ce debitează pe sarcina z_u montată în derivație cu circuitul primar, se pot scrie următoarele patru ecuații :

$$\bar{E}_i + \bar{E}_{1t} = (r_1 + jx_{1s})\bar{I}_1 + (r_{1t} + jx_{1t})\bar{I}_{1t} ; \quad (20)$$

$$-\bar{E}_2 + \bar{E}_{2t} = (r_2 + jx_{2s})\bar{I}_2 + (r_{2t} + jx_{2t})\bar{I}_2 ; \quad (21)$$

$$\bar{E}_1 = (r_1 + jx_{1s})\bar{I}_1 + z_u\bar{I}_u ; \qquad (22)$$

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_{1t} + \bar{I}_u . \qquad (23)$$

Prin I_{1t} și I_u s-au notat curenții din înfășurarea primară a transformatorului și din circuitul de sarcină.

Din rezolvarea ecuațiilor (22) și (23), și ținînd cont de relația $\bar{I}_2 = -K_t\bar{I}_{1t}$ și de (5), (6), (7), (8), f.e.m. E_1 și E'_2 devin :

$$\bar{E}_1 = \frac{[jz_u x_1 (1 + Ke^{j\alpha}) + jx_1 r_1 Ke^{j\alpha} - x_{1s}x_1 Ke^{j\alpha}]\bar{I}_1}{jx_1 Ke^{j\alpha} - z_u} ; \quad (24)$$

$$\bar{E}'_2 = \frac{s'\bar{I}_1 [jz_u K (e^{-j\alpha} + K) x_1 + jr_1 x_1 K^2 - x_1 x_{1s} K^2]}{jx_1 Ke^{j\alpha} - z_u} . \quad (25)$$

Dacă se notează : $r = r_{1t} + K_t^2 (r_2 + r_{2t})$;
$x_s = x_{1t} + K_t^2 (x_{2s} + x_{2t})$,

și se ține seamă de (24) și (25), se obține, după înmulțirea relației (21) cu K_t și scăderea ei din (20), expresia impedanței mașinii, care, egalată cu zero, ne dă condiția de autoexcitare :

$$r - (1 - s')\, x_1 K\sin\alpha + j(x_{1s} + x_s) + jx_1 [1 + K\cos\alpha + s'K(K + \cos\alpha)] + \frac{r_1 r - x_s (x_{1s} + x_1) - s'K^2 x_1 x_{1s}}{r_u + jx_u} + j\frac{r_1 x_s + r(x_{1s} + x_1) + x_1 r_1 s' K^2}{r_u + jx_u} = 0 \qquad (26)$$

Dacă sarcina montată în derivație este activă, adică $x_u = 0$, neglijînd rezistența ohmică r_1 a înfășurării statorului în raport cu rezistența de sarcină r_u, partea imaginară a expresiei (26) poate fi pusă sub forma :

$$f' = \frac{pn}{60} \frac{K(K + \cos\alpha)}{\tau + 1 + 2K\cos\alpha + K^2 + \frac{r}{r_u}\left(\frac{L_{1s}}{L_1} + 1\right)} , \qquad (27)$$

unde :

$$\tau = \frac{x_{1s} + x_s}{x_1} ; \; x_{1s} = \omega' L_{1s} \text{ și } x_1 = \omega' L_1 .$$

Din relația (27) rezultă că la $r_u \gg r_1$ frecvența f' a curenților de autoexcitare scade cu scăderea rezistenței r_u.

În cazul rezistenței de sarcină montată în serie, frecvența curenților de autoexcitare nu depinde de valoarea rezistenței de utilizare r_u.

Se constată că frecvența f' variază proporțional cu viteza de rotație, ca la toate mașinile trifazate cu colector. De asemenea, pentru α cuprins între 0 și 180°, frecvența curenților de autoexcitare crește cu creșterea unghiului de decalaj al periilor α.

Din partea imaginară a relației (26), neglijînd rezistența înfășurării statorului în raport cu reactanța $x_u = \omega' L_u$ a circuitului de utilizare,

rezultă pentru $r_u = 0$, expresia frecvenței curenților de autoexcitare:

$$f' = \frac{pn}{60} \cdot \frac{K(K + \cos\alpha) + \frac{L_{1s}K^2}{L_u}}{\tau + 1 + 2K\cos\alpha + K^2 + \frac{L_s(L_1 + L_{1s})}{L_1 L_u} + \frac{K^2 L_{1s}}{L_u}} \quad (28)$$

La creșterea sarcinii inductive, frecvența scade, dar în limite mai mici decît în cazul sarcinii active.

În cazul condensatoarelor montate în derivație cu circuitul primar al mașinii autoexcitate, expresia frecvenței curenților de autoexcitare este complicată și este dificil de urmărit influența diferiților factori asupra ei.

Din partea reală a expresiei (26) se obțin relații complicate.

2.5. *Determinarea valorii curenților de autoexcitare*

Relația (9) poate fi pusă sub forma generală $I_1 Z = 0$. În condiții de autoexcitare, $Z = 0$, și deci curentul primar I_1 poate lua orice valoare.

În realitate, saturația fierului va limita precis valoarea curenților de autoexcitare.

Dacă se înmulțește relația (12) cu I_1 se obține:

$$[r_1 + r_{1t} + K_t^2(r_2 + r_{2t})]\bar{I}_1 = \frac{2\pi pn}{60} KL_1\bar{I}_1 \sin\alpha. \quad (29)$$

Membrul stîng al relației (29) reprezintă căderea de tensiune ohmică de pe o fază a circuitului schemei echivalente, iar membrul drept reprezintă componenta activă a tensiunii necesare pentru acoperirea acestei căderi de tensiune. La I_1 variabil, membrul stîng reprezintă dreapta rezistențelor, iar membrul drept este o curbă, deoarece cu creșterea curentului I_1 inductanța principală L_1 scade. La α și n constanți, această curbă reprezintă caracteristica de magnetizare a mașinii. În aceste condiții, relația (29) este satisfăcută, atît pentru origine, cît și pentru intersecția dintre dreapta rezistențelor și curba tensiunii active. Prin urmare, se poate defini un punct de funcționare căruia îi corespunde un curent primar I_1 bine precizat [10].

2.6. *Autoexcitarea compensatoarelor de fază*

Ca și celelalte mașini, electrice, compensatoarele de fază cu colector pot funcționa în anumite condiții în regim autoexcitat.

Este evident că compensatoarele de fază de tipul cu excitație proprie [2] nu pot funcționa decît conectate la un receptor cu f.e.m. care să-i furnizeze curentul de excitație, în cazul de față rotorul motorului asincron.

Aceasta este valabil și pentru convertizorul de frecvență fără înfășurare pe stator.

În ultimii ani au căpătat răspîndire, ca mașini auxiliare, mașinile cu colector fără cîmp învîrtitor, dintre care cea mai însemnată este mașina Lydall-Scherbius. Aceste mașini pot fi realizate cu excitație separată sau cu excitație proprie (montată în derivație, în serie sau mixt) și pot debita curenți de frecvență joasă, fie în circuitele secundare ale motoarelor asincrone, fie pe receptoare fără f.e.m. Dintre modurile de exitație proprie, cel mai frecvent se întîlnește excitația în derivație și mai rar în serie. Prin urmare, fenomenul de autoexcitare a unor asemenea generatoare va fi analog cu autoexitarea generatoarelor de curent continuu.

Compensatorul de fază autoexcitat [2] se obține dintr-un compenstor de fază cu excitație proprie, dacă în crestăturile sale statorice se introduce o înfășurare polifazată închisă în scurtcircuit, de exemplu o colivie. Compensatorul astfel obținut se poate autoexcita prin curenți induși de magnetismul remanent dacă este antrenat din afară și are periile conectate la o impedanță $Z_u = R_u + j\omega' L_u$.

Pentru claritate se va presupune că și înfășurarea în scurtcircuit de pe stator este trifazată. Se notează cu indicele 1 mărimile rotorului, cu 2 cele ale statorului, cu $\omega' = 2\pi f'$ pulsația curenților autoexcitați colectați la perii, cu ω'' pulsația corespunzătoare vitezei de rotație a rotorului, și cu $s' = \frac{\omega' - \omega''}{\omega'}$ alunecarea corespunzătoare. Atunci, ecuațiile f.e.m. în cele două circuite sînt:

$$(R_1 + R_u)\bar{I}_1 + j\omega' L_u\bar{I}_1 + js'\omega' L_1\bar{I}_1 + js'\omega' M\bar{I}_2 = 0; \quad (30)$$

$$R_2\bar{I}_2 + j\omega' L_2\bar{I}_2 + j\omega' M\bar{I}_1 = 0. \quad (31)$$

Dacă se înlocuiește în relația (31) pe I_2 din relația (30) și se separă relațiile obținute în partea lor reală și imaginară, se obține:

$$(R_1 + R_u)R_2 - \omega'^2[L_2 L_u + s'(L_1 L_2 - M^2)] = 0; \quad (32)$$

$$(R_1 + R_u)L_2 + R_2 L_u + s' R_2 L_1 = 0. \quad (33)$$

Prin eliminarea alunecării s' din relațiile (32) și (33) se obține pulsația curenților de autoexcitare:

$$\omega' = \sqrt{\frac{(R_1 + R_u)R_2^2/L_2}{R_2 L_u - \sigma[(R_1 + R_u)L_2 + R_2 L_u]}} \approx \sqrt{\frac{R_2(R_1 + R_u)}{L_2 L_u}}, \quad (34)$$

în care $\sigma = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 L_2}$ reprezintă coeficientul de scăpări totale al mașinii, care poate fi considerat egal cu zero.

Din relația (34) rezultă că :

— Autoexcitarea are loc în orice condiții și nu depinde de poziția pe colector a colierului de perii.

— Frecvența curenților de autoexcitare crește cu creșterea rezistenței ohmice a circuitului de utilizare și cu scăderea inductanței acestui circuit.

Bibliografie

[1] * * * Электрические машины специалного назначения. Госанергоиздот, Москва-Ленинград, 1960, pag. 118—151.

[2] *Richter, R.* Mașini electrice, vol. V, (trad. din l. germană), Editura tehnică, București, 1961.

[3] *Bödefeld, T., Sequenz, H.* Elektrische Maschinen, Springer Verlag, Wien, 1949.

[4] *Kostenko, M. P.* Mașini electrice speciale, vol. II, E.E.S. București, 1955 (trad. din l. rusă).

[5] *Kozicek, J.* Über Selbsterregung und deren Verhütung bei Drehstromreihenschlussmaschinen, E.T.Z., 1935, Heft 51, S. 1121.

[6] *Corlățeanu, V., Bergman, I., Șerban, Gh., Leonte , P.* și *Știrbu, V.* Autoexcitarea mașinii trifazate cu colector alimentate prin stator, cu trei perii pe perechea de poli. A. Mașina derivație deconectată de la rețea. Buletinul Institutului politehnic-Iași, seria IX, vol. VI (XI), 1961.

[7] *Corlățeanu, V., Bergman, I., Șerban, Gh., Leonte, P.* și *Știrbu, V.* Autoexcitarea mașinii trifazate cu colector alimentate prin stator, cu trei perii pe perechea de poli. Funcționarea mașinii autoexcitate avînd o sarcină în serie cu circuitul primar. Studii și cercetări științifice, seria fizică și științe tehnice, Acad. R.P.R., Filiala Iași, fasc. 2, 1961.

[8] *Bergman, I., Corlățeanu, V., Șerban, Gh., Leonte, P.* și *Știrbu, V.* Unele observații privind funcționarea mașinii trifazate autoexcitate alimentate prin stator în regim de generator. Studii și cercetări științifice, seria fizică și științe tehnice, Acad. R.P.R., Filiala Iași, fasc. 2, 1961.

[9] *Corlățeanu, V., Șerban, Gh., Vasilciuc, M.* și *Bergman, I.* Autoexcitarea mașinilor trifazate derivație cu colector alimentate prin rotor. Buletinul Institutul politehnic-Iași, seria IX, vol. VI (X), fasc. 1—2, 1960.

[10] *Michael, W.* Theorie der Wechselstrommaschinen in vektorieller Derstellung B. G. Teubner Leipzig u. Berlin, 1937, p. 198—204.

[11] * * * Manualul inginerului electrician, vol. II, Editura tehnică, București, 1954.

[12] *Närnberg W.* Die Prüfung elektrischer Maschinen, Springer Verlag, Berlin, 1959.

Construcția și tehnologia seriei unitare de patroane fuzibile rapide cu filet de joasă tensiune de 6-100 A

Ion Barbu* — București

Seria unitară de siguranțe rapide cu filet realizată după o tehnologie nouă asigură, datorită performanțelor ridicate, protecția instalațiilor electrice.

Caracteristicile de protecție și de limitare a curentului, ale siguranțelor fuzibile construite, se ridică la nivelul tehnicii mondiale.

Siguranțele fuzibile reprezintă cele mai simple și mai ieftine aparate de protecție a instalațiilor electrice și energetice, motiv pentru care există o preocupare permanentă în vederea îmbunătățirii și perfecționării construcțiilor existente. Întrucît construcția siguranțelor a fost standardizată și siguranțele din instalațiile existente sînt construcții vechi, îmbunătățirea acestora se face în special prin realizarea în aceleași gabarite a patroanelor fuzibile cu caracteristici mai bune. Pe această linie s-a mers în majoritatea țărilor [1], [2], [3], realizîndu-se patroane fuzibile, în aceleași gabarite, cu performanțe ridicate.

Progresele înregistrate în construcția soclurilor cu legături în față și în spate și a capacelor privesc forma acestora : dimensiunile principale fiind normalizate, au rămas aceleași. Deci îmbunătățirile ce se pot aduce siguranțelor, în ceea ce privește caracteristica de protecție și capacitatea de rupere, se fac prin noi construcții de patroane fuzibile.

* Ing. I. Barbu este cercetător la Institutul de cercetări electrotehnice.

1. Stadiul actual în tehnică privind patroanele fuzibile

Dezvoltarea tenhicii moderne a impus, în vederea asigurării optime a protecției instalațiilor, realizarea a patru tipuri de patroane fuzibile [3] : patroane fuzibile rapide, patroane fuzibile cu întîrziere, patroane fuzibile ultrarapide și patroane fuzibile cu întîrziere — rapide.

1.1. *Patroanele fuzibile rapide* se folosesc la protecția cablurilor, a conductoarelor și a instalațiilor obișnuite. Aceste patroane se construiau la început cu fuzibilele realizate din sîrme rotunde subțiri întinse liber între două cleme. Ulterior s-au dezvoltat patroanele închise, care la început nu aveau material de umplutură. Pentru o bună stingere a arcului electric, patroanele închise au fost umplute cu material de stingere și în special cu nisip de cuarț.

Creșterea curenților de scurtcircuit în instalații a impus realizarea siguranțelor cu capacitate de rupere corespunzătoare. Mărirea capacității de rupere nu a putut fi obținută cu pa-

troane la care fuzibilul se execută din sîrmă rotundă; aceasta a dus la realizarea siguranțelor cu fuzibile plate pe care se practică anumite strangulări [2], [3], [4], [5], de obicei prin găuri multiple. Astfel se poate controla și dirija locul unde apare arcul electric, lucru care permite siguranțelor să întrerupă curenții de scurtcircuit intenși și de suprasarcină la tensiune continuă.

1. 2. *Patroanele fuzibile cu întîrziere* sînt folosite în instalațiile electrice la care, în perioadele tranzitorii (pornirea motoarelor, conectarea transformatoarelor și condensatoarelor etc.), apar curenți de cîteva ori curentul nominal, un timp de ordinul secundelor, și în instalațiile care în mod trecător, pentru un timp scurt, preiau curenții mari. Aceste instalații nu pot fi protejate de siguranțele rapide de curenți nominali normali, care au o caracteristică de protecție abruptă. Instalațiile se pot proteja cu siguranțe rapide de curenți nominali cu două sau mai multe trepte mai mari decît curentul nominal al instalației. Această protecție, pe lîngă faptul că nu acționează eficace la scurtciruit nu poate asigura nici o bună selectivitate.

De aceea a fost necesară construcția unor siguranțe care să poată prelua acești curenți

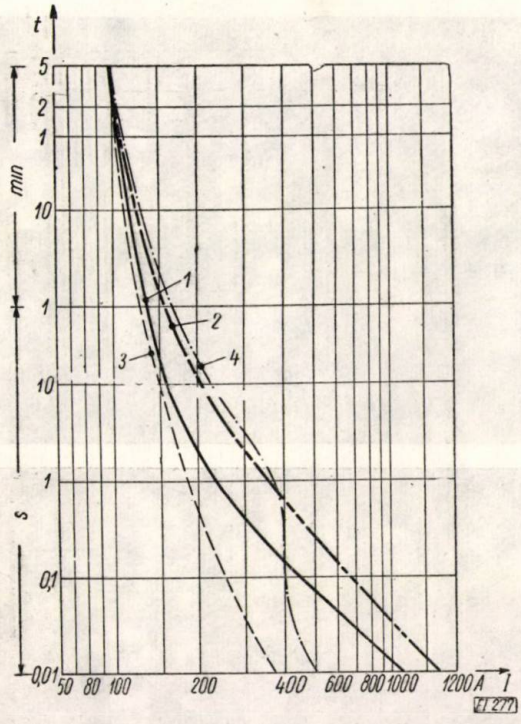


Fig. 1. Caracteristicile timp-curent al epatroanelor fuzibile: *1* — fuzibile rapide; *2* — fuzibile cu întîrziere; *3* — fuzibile ultrarapide; *4* — fuzibile cu întîrziere — rapide.

mari pentru scurt timp, acestea fiind siguranțele fuzibile cu întîrziere (fig. 1).

Principial, acest tip de siguranțe a fost realizat pe două căi. În primul caz, siguranțele se execută din bandă cu găuri de strangulare și cu material eutectic [1], [3], care se plasează de obicei în centrul siguranței. A doua metodă de rezolvare constă în spiralizarea fuzibilelor în porțiunea de mijloc [6]. Dintre aceste două soluții, prima a fost adoptată de majoritatea întreprinderilor constructoare de siguranțe. Ca și la siguranțele rapide, acestea sînt închise și au material de umplutură. De obicei se folosește pentru patron aceeași piesă ceramică.

1.3. *Patroanele fuzibile ultrarapide* au căpătat în ultima vreme importanță, ca rezultat al dezvoltării aparatelor electrice cu părți constructive de dimensiuni din ce în ce mai mici și cu capacități calorice reduse. Supracurenții slabi și de scurtcircuit trebuie întrerupți într-un timp scurt, pentru ca valoarea integralei $\int i^2 dt$ să fie mică și astfel aparatul de protejat să nu fie distrus datorită șocului de căldură provocat de curent.

Un domeniu de întrebuințare a acestor fuzibile se întîlnește la protecția instalațiilor cu redresoare de siliciu și germaniu, domeniu dezvoltat foarte mult în ultima vreme.

Caracteristica acestor fuzibile este foarte abruptă, după cum se poate vedea în figura 1.

1.4. *Patroanele fuzibile cu întîrziere — rapide* combină avantajele fuzibilelor cu întîrziere la supracurenți cu avantajele fuzibilelor ultrarapide la curenți de scurtcircuit. Caracteristica unei astfel de siguranțe este arătată în figura 1. După cum se observă, la supracurenți caracteristica siguranței rapide cu întîrziere este similară cu caracteristica siguranței lente, iar la curenții de scurtcircuit aceasta se apropie de caracteristica siguranței ultrarapide. Caracteristica timp-curent a acestor patroane fuzibile este asemănătoare cu caracteristica frîntă a întreruptoarelor de protecție cu declanșare termică și magnetică.

Aceste patroane fuzibile se folosesc în instalațiile din minele subterane de cărbune, unde trebuie să reziste intensităților mari de pornire a motoarelor greu încărcate și să întrerupă rapid și sigur curenții de scurtcircuit reduși, care apar datorită conductoarelor lungi și subțiri.

1.5. *Materialele folosite pentru fuzibilele siguranțelor* sînt în principal două: argintul și cuprul; cuprul poate fi folosit curat sau argintat.

Cuprul are marele dezavantaj că se oxidează chiar la temperatură obișnuită. Oxidarea la supraîncărcări ale curentului admise în instalație se accentuează micșorîndu-se secțiunea conductorului, mărindu-se prin aceasta pierderile Joule-Lentz, ca urmare a micșorării secțiunii. Deci procesul de oxidare este accelerat datorită oxidării. Din această cauză, siguranța se poate topi chiar la curentul nominal. Acoperirea cuprului cu un strat de argint ameliorează întrucîtva comportarea fuzibilelor din cupru,

însă oxidarea cuprului argintat are loc ca urmare a difuziei oxigenului și sub acoperirea de argint, dar mai încet.

Aliajul de cupru cu argint se comportă mai slab decît cuprul pur, oxidîndu-se într-un grad mai mare. Aceasta se întîmplă pentru că între particulele elementare ale celor două metale iau naștere elemente galvanice locale, care formează centre separate de oxidare [7].

Celelalte materiale de contact ca Zn, Sn, Pb etc., se comportă slab în siguranțele fuzibile cu filet, motiv pentru care nu sînt folosite.

Din sumara analiză făcută, reiese că materialele ca : aliajele de cupru, zinc, plumb, staniu nu se comportă bine ca fuzibil pentru siguranță.

Cel mai bun material pentru fuzibilul siguranțelor rapide este argintul, care se oxidează la o temperatură ridicată, a cărei valoare nu poate să fie atinsă în cursul funcționării normale a siguranței. Oxidul de argint este conducător, iar vaporii de argint degajați la scurtcircuit nu sînt conducători în arcul electric ; ca atare întreruperea circuitului se face relativ rapid și sigur [7].

Cele arătate se referă la patroanele fuzibilelor rapide. Preocupări la noi în țară în vederea construcțiilor și tehnologiei patroanelor fuzibile au existat [8].

2. Construcția și tehnologia patroanelor fuzibile

2.1. *Criterii pentru alegerea soluției*

Din cele arătate, rezultă că pentru realizarea unor patroane fuzibile care să satisfacă cerințele normelor [9], [10],[11], patroanele trebuie executate de construcție specială și cu fuzibil din bandă de argint cu diferite găuri. Trebuie arătat că nici una din normele [9], [10], [11] nu este completă. Astfel, normele VDE [9] indică detaliat timpii de deconectare pentru multiplii curentului de 2,5 I_n, 3 I_n și 4 I_n, dar nu indică căderile de tensiune la curentul nominal ; acestea sînt indicate de recomandările CEI [11] și normele cehoslovace [12]. De asemenea, normele germane [9] și romînești [10] nu impun condiții de încercare la durata de viață, în schimb recomandările CEI [11] impun aceste condiții. Normele romînești, deși indică timpii de fuziune pentru multiplii curentului 2,5 I_n, 3 I_n, 4 I_n nu precizează tensiunea la care trebuie executate aceste încercări. Normele VDE [9] precizează că încercările la supracurenți trebuie făcute în curent continuu la tensiunea de 550 V, pentru siguranțe de 500 V tensiune nominală.

În urma încercărilor efectuate pe siguranțe străine și siguranțe construite la ICET, concluzia care rezultă pentru realizarea unei siguranțe bune este ca aceasta să satisfacă cerințele tuturor normelor. Astfel, unele siguranțe care rup foarte bine supracurenți de 2,5 I_n, 3 I_n, 4 I_n la tensiunea de 550 V curent continuu, în timpul indicat în normele VDE [9] nu respectă căderile de tensiune impuse de recomandările CEI [11] și de normele cehoslovace [12]. Consecința nerespectării căderilor de tensiune este aceea că siguranțele se ard după o funcționare de circa 100 ore la curentul nominal, deci nu se respectă condiția de durată de viață impusă de normele cehoslovace [12] și de recomandările CEI [11].

La Institutul de cercetări electrotehice au fost realizate siguranțe fuzibile rapide din bandă de cupru cu anumite găuri, care au corespuns tuturor încercărilor impuse de normele [9], [10], [11], [12], în afară de încercarea la durata de viață. Siguranțele s-au ars în medie după 100 ore de funcționare, ca urmare a oxidării accelerate a secțiunilor strangulate. Oxidarea se produce continuu și accelerat, ducînd prin micșorarea secțiunii conducătoare la creșterea căderii de tensiune, cu mărirea pierderilor Joule-Lentz. Aceste două fenomene, accelerîndu-se reciproc, duc în cele din urmă la creșterea pierderilor Joule-Lentz și la micșorarea secțiunii în așa măsură încît siguranța se arde.

Din acest motiv siguranțele rapide realizate la ICET au ca material fuzibil argintul. Argintul, după cum s-a arătat, are proprietăți mult superioare cuprului și celorlalte materiale pentru fuzibile.

Forma fuzibilelor este arătată în figura 2.

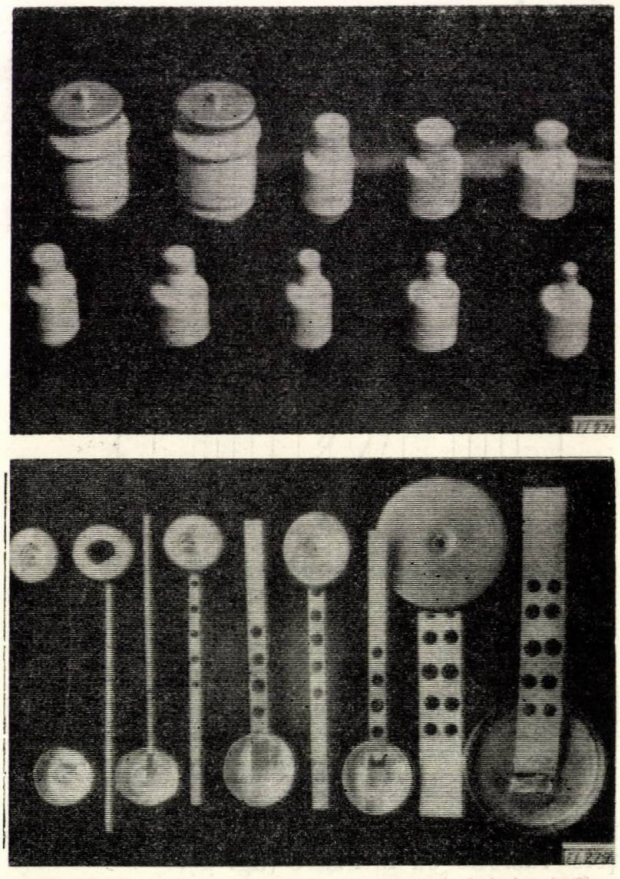


Fig. 2. Seria unitară de patroane fuzibile de la 6 la 100 A : *a* – seria unitară de patroane ; *b* – seria unitară de fuzibile.

Interiorul patroanelor ceramice a fost realizat în formă tronconică, pentru a permite umplerea patroanelor cu o cantitate mai mare de nisip de cuarț. Acest lucru permite așezarea în mai bune condiții a fuzibilului, adică la centrul patronului, astfel ca fuzibilul să fie înconjurat uniform de nisip, și încălzirea lui să se reproducă.

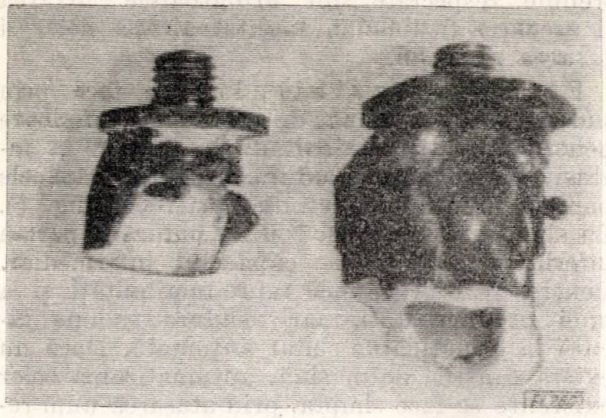


Fig. 3. Aspectul întreruperii unei siguranțe cu căpăcele și piese de contact incorecte.

Din experiențele efectuate la supracurenți și la puterea de rupere, a reieșit că dimensiunile pieselor de contact existente nu sînt bune. Din cauza diferenței dintre diametrul căpăcelului patronului și al piesei de contact, arcul electric topește căpăcelul și este suflat de forțele electrodinamice în afară, unde mediul de stingere este aerul, și în această situație arcul electric nu poate fi întrerupt. În figura 3 se pot vedea consecințele unei astfel de dimensionări: patronul fuzibil s-a spart, iar întreruperea arcului a fost realizată de un întreruptor de protecție. S-a impus deci modificarea acestor piese de contact, conform dimensiunilor indicate în

Fig. 4. Patroane fuzibile încercate la 150 A, 550 Vc. c. cu fuzibil montat fără căpăcelul intermediar.

recomandările CEI [11]. Trebuie observat că dimensiunile pieselor de contact defectate sînt conform STAS [13], deci și STAS-ul respectiv trebie pus de acord cu cerințele unei siguranțe bune și cu recomandările CEI [11].

Trebuie recomandată, tot ca urmare a rezultatelor experimentale, introducerea a două căpăcele, pentru ca arcul electric să nu străpungă între piesa de contact și căpăcel. În figura 4 se văd cîteva căpăcele care au fost străpunse de arcul electric apărut la supracurenți, iar în figura 5 sînt arătate patroane la care lamelele fuzibile au fost așezate între cele două piese de capăt. După cum reiese din figură, nici această execuție nu este satisfăcătoare. În consecință, lamela fuzibilă trebuie așezată pe piesa ceramică, iar peste ea se așează cele două piese de capăt.

2.2. *Constructia patroanelor fuzibile*

Siguranțele construite sînt cu filet de tip închis cu material de umplutură pentru stingerea arcului electric. Ca material de umplutură este folosit nisipul de cuarț cu un conținut în SiO_2 mai mare de 97,5%. Calitatea nisipului

Fig. 5. Patroane fuzibile încercate la 125 A, 550 Vc. c. cu fuzibilul montat între căpăcelul intermediar și superior.

folosit de ICET și cea a nisipului folosit de firma Siemens sînt date mai jos:

Nisip	SiO_2, %	Al_2O_3, %	Fe_2O_3, %	Umiditate, %
ICET	97,71	0,92	1,26	0,02
Siemens	98,05	1,46	0,39	0

S-au construit numai patroanele fuzibile și piesele de contact, întrucît celelalte repere, socluri și capace filetate existente în producție la „Electroaparataj", satisfac atît cerințele normelor, cît și cerințele tehnicii moderne [8]. De asemenea, patroanele executate pot fi folosite la toate tipurile de socluri și capace.

Ansamblul general al patroanelor fuzibile pentru curenții de 6, 10, 15, 20 25, 35, 50 și 60 A este arătat în figura 6, iar figura 7 reprezintă ansamblul general al patroanlor fuzibile de 80 și 100 A.

Fuzibilele patroanelor sînt arătate în figura 2 *b*. S-a realizat o serie unitară de fuzibile.

Fuzibilele de 6 și 10 A au putut fi realizate din sîrmă rotundă de argint.

Încercările efectuate pentru a obține un fuzibil de 15 A din sîrmă rotundă nu au dat rezultate.

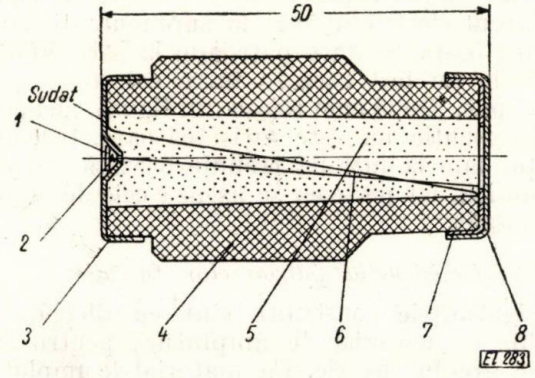


Fig. 6. Ansamblul general al patroanelor fuzibile de 6, 10, 15, 20, 25, 35, 50 și 60 A :
1 – semnalizator; *2* – resort; *3* – capac inferior; *4* – piesă ceramică *5* – material de umplutură; *6* – fuzibil; *7* – capac intermediar; *8* – capac superior.

Siguranțele executate cu fuzibil din sîrmă rotundă nu întrerup multiplii curentului nominal (2,5, 3 și 4 I_n) la 550 V c.c. Jumătate din siguranțele încercate în aceste condiții se distrug. Deci, de la valoarea nominală a curentului de 15 A inclusiv fuzibile s-au executat din benzi de argint.

După cum se vede în figura 2, *b*, fuzibilele care se execută cu aceeași matriță sînt următoarele grupe : 15 A cu 20 A ; 35, 50 și 60 A împreună și 80 cu 100 A. Deci trebuie executate, pentru 7 fuzibile, 3 matrițe.

O altă caracteristică importantă a fuzibilelor este determinarea mărimilor și pozițiilor găurilor, în așa fel ca acestea să influențeze favorabil asupra tuturor caracteristicilor siguranței, ca : încălzire, cădere de tensiune, capacitate de rupere, capacitate de a întrerupe supracurenții etc. Găurile efectuate la seria unitară de fuzibile se situează pe linia optimă în ceea ce privește influența asupra acestor caracteristici.

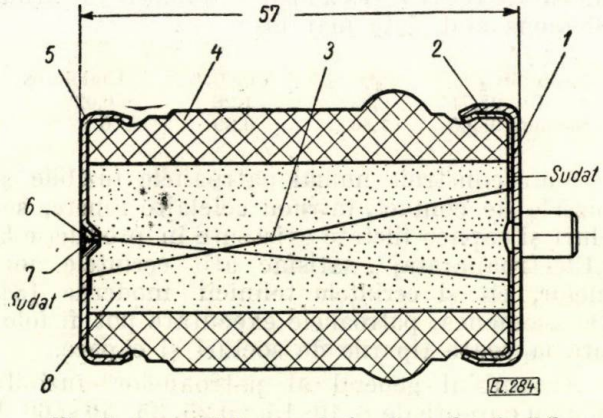


Fig. 7. Ansamblul general al patroanelor fuzibile de 80 și 100 A.

2.3. *Tehnologia patroanelor fuzibile*

Condițiile tehnologice cele mai importante ce trebuie respectate sînt următoarele : fixarea și așezarea fuzibilului, montarea căpăcelelor și tasarea nisipului.

Fixarea fuzibilului se face prin sudura acestuia numai de căpăcelele inferioare pentru curenții nominali de la 6 la 60 A inclusiv (fig. 6) și prin sudura de ambele căpăcele pentru curenții nominali de 80 și 100 A (fig. 7). La siguranțele de 80 și 100 A, sudura la partea inferioară se face de căpăcelul intermediar. Pentru realizarea unei reproductibilități și a unei productivități mari, sudura trebuie făcută la o mașină de sudat automată. Dacă nu există o astfel de mașină, automatizarea celor existente se face simplu, prin atașarea unui regulator de timp. Un astfel de regulator de timp a fost realizat la ICET și lucrează pe principiul RC.

Timpul de sudură, care este un element principal, se fixează în funcție de puterea și tensiunea mașinii de sudat și de curentul nominal al fuzibilelor. Astfel la o mașină de sudat de 7,5 kVA, în condiții egale de curent și presiune, cu care s-au sudat lamelele la ICET, pentru sudura lamelelor de curenți nominali pînă la 60 A, a fost necesar un timp între 0,18 și 0,25 s, iar pentru sudarea lamelelor de 80 și 100 A un timp de 0,35 s.

Așezarea fuzibilului trebuie făcută așa încît să parcurgă simetric și uniform interiorul piesei ceramice și implicit nisipul de cuarț. Pentru aceasta fuzibilul trebuie să străbată în diagonală interiorul piesei ceramice (fig. 6 și 7).

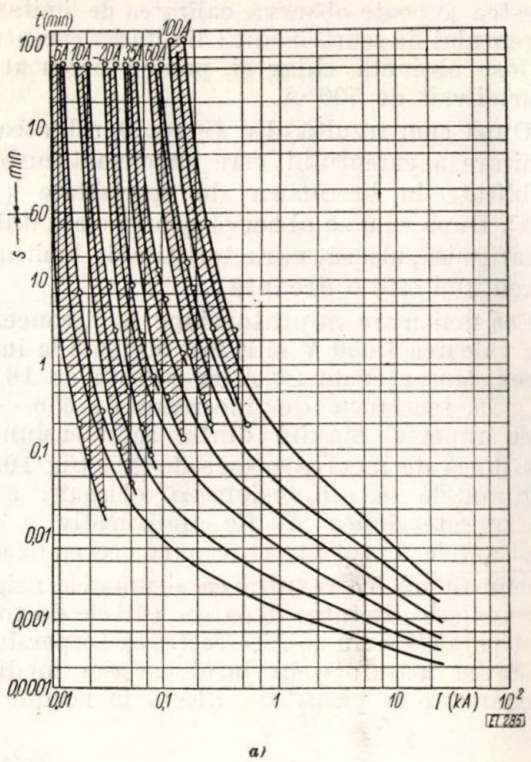
Montarea căpăcelelor trebuie făcută ca în figurile 6 și 7.

Căpăcelele superioare pentru fuzibilele de 6—60 A se montează astfel : se fixează fuzibilul pe piesa ceramică, după ce a parcurs interiorul acestuia în diagonală, după care se presează capacul intermediar, se umple și se tasează nisipul și se închide siguranța cu căpăcelul superior. Montarea fuzibilului între capacul intermediar și capacul superior nu este permisă.

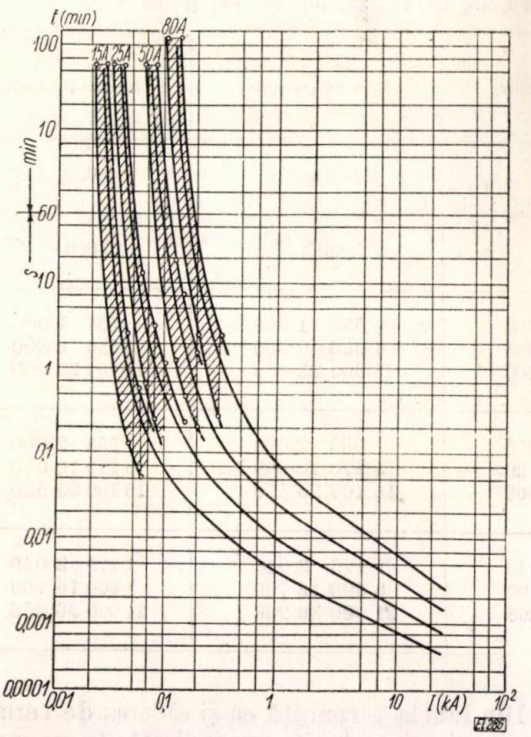
Capacele superioare pentru patroanele de 80 și 100 A se montează astfel : după ce fuzibilul a fost sudat de capacul inferior se introduce în interiorul piesei ceramice, pe care trebuie s-o parcurgă în diagonală. Se fixează capacul intermediar pe care se sudează lamela fuzibilă, se umple și se tasează cu nisip și se închide cu capacul superior.

Tasarea nisipului se face prin vibrarea patroanelor, după ce au fost umplute. Vibrarea se realizează în instalații de vibrare. La ICET există un dispozitiv format dintr-un

circuit magnetic care se închide printr-o placă de oțel groasă de 1 mm, pe care se așază patroanele umplute cu nisip. Placa este atrasă de circuitul magnetic cu dublul frecvenței rețelei și astfel vibrează. Timpul de vibrare este de circa 10 s.



a)



b)

3. Experimentări

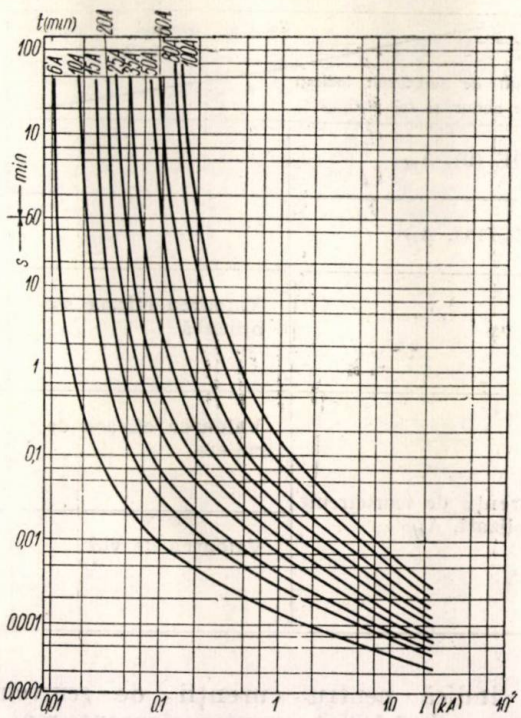
Pentru executarea siguranțelor și a experiențelor în vederea determinării performanțelor au fost realizate două dispozitive : unul de reglare a timpului de sudură a fuzibilelor, construit pe principiul RC, și al doilea de încercare sintetică a siguranțelor, în vederea ridicării caracteristicilor de fuziune [14].

3.1. *Rezultatele experimentale*

Rezultatele experimentale obținute confirmă că principiul constructiv a fost bine ales. În figura 8 sînt arătate caracteristicile de topire a siguranțelor.

Căderile de tensiune și încălzire sînt arătate în tabela 1, de unde se vede că acestea sînt sub valorile impuse de norme [11], [12], căderea de tensiune fiind în medie cu 25% mai mică, iar încălzirea în medie cu 60% mai mică.

În tabela 2 sînt dați curenții de scurtcircuit la care au fost încercate toate siguranțele, atît valorile eficace stabilizate la rupere cît și valorile curenților de vîrf cu componenă asimetrică. Scurtcircuitele au fost făcute conform prescripțiilor și recomandărilor CEI [11], adică închiderea circuitului s-a făcut după 30° electrice de la trecerea tensiunii prin zero. Au fost oscilografiate în total 73 încercări de scurtcircuit ale siguranțelor, din care s-au dedus timpii de întrerupere.



c)

Fig. 8. Caracteristicile de topire ale siguranțelor de 6—100 A :
a — siguranțe fuzibile de 6, 10, 20, 35, 60 și 100 A ; *b* — siguranțe fuzibile de 15, 25, 50 și 80 A ; *c* — caracteristici comparative.

Tabela 1

Căderea de tensiune și încălzirea în funcție de curentul nominal

Curentul nominal, A		6	10	15	20	25	35	50	60	80	100
Căderea de tensiune, V	Obținută	430	390	320	245	235	205	230	210	190	180
	Indicată de norme (11)	650	450	370	330	300	270	240	220	200	190
Încălzirea, °C	Obținută	10	20	20	21	52	30	41	37	39	40
	Indicată de norme (10)	85	85	85	85	85	85	58	58	85	85

În figura 9 este trasată caracteristica de limitare a curentului de către siguranțe.

3.2. *Interpretarea rezultatelor*

Din caracteristicile de topire a siguranțelor (fig. 8) rezultă că acestea îndeplinesc condițiile cele mai exigente ale diferitelor norme, ca VDE [9], CEI [11], și chiar depășesc performanțele cerute de aceste norme, întrucît au fost încercate la curenți de scurtcircuit mult mai mari decît cei impuși de norme. Astfel, normele VDE [9] indică pentru curenții de scurtcircuit valoarea de $1\,500/A_{ef}$ pentru siguranțe mai mici sau egale cu 25 A și $5\,000_{ef}$ A pentru siguranțe mai mari de 25 A, iar încercarea tuturor siguranțelor s-a făcut de la curentul de scurtcircuit de 500 A_{ef} pînă la 25 500 A_{ef}, în trepte, conform cu tabela 2. Factorul de putere din circuit a fost mai mic decît 0,2.

Din cele 75 oscilograme obținute au fost reproduse numai trei (fig. 10, *a*, *b*, și *c*). Din acestea se poate observa calitatea de limitare a curentului de scurtcircuit; limitarea curentului a fost obținută chiar și pentru curentul de scurtcircuit de 500 A.

După cum rezultă din figura 9, calitatea de limitare a curentului este superioară curbelor publicate în literatura de specialitate [16], [15]. După cum se observă pentru scara dublulogaritmică, aleasă, caracteristica de limitare a curentului este o dreaptă.

Cea mai mare supratensiune la deconectare are valoarea 1 650 V și a fost obținută la încercarea siguranței de 20 A cu curentul de 16 226 A_{max} la tensiunea de încercare de 550 V_{ef}; deci, raportul maxim dintre supratensiune și tensiunea de încercare este de 2,13 (fig 10, *b*). Siguranțele se dimensionează obișnuit, astfel ca supratensiunea să fie aproximativ 2 Un; siguranțele dezvoltate corespund deci cu uzanța.

Din figura 8 *c* rezultă că siguranțele asigură o bună selectivitate, deoarece curbele de topire sînt paralele și nu se intersectează. Dispersiunea valorilor măsurate în jurul curbelor medii se încadrează în plaja specificată în norme [9].

Tabela 2

Curenții de scurtcircuit la încercarea siguranțelor de 6, 10, 15, 20, 25, 35, 50, 60, 80, și 100 A

Curenții de scurtcircuit indicați de norme și cei realizați \ Curentul nominal al siguranței, A		6 — 25 (inclusiv)	35 — 60 (inclusiv)	80 — 200 (inclusiv)
VDE (9), A_{ef}		1 500	5 000	5 000
CEI (11), A_{ef}		4 000	8 000	16 000
Curenții de scurtcircuit realizați, A_{ef}	Valoarea eficace stabilizată	538 1 900 4 320 9 300 15 000 23 600	538 1 900 4 320 9 300 15 000 23 600	538 1 900 4 320 9 300 15 000 23 600
	Valoarea eficace de rupere	553 2 000 5 270 10 000 16 100 25 500	553 2 000 5 270 10 000 16 100 25 550	553 2 000 5 270 10 000 16 100 25 550
	Valoarea de vîrf	1 175 3 040 8 600 16 100 21 000 36 266	1 175 3 040 8 600 16 700 21 000 36 266	1 175 3 040 8 600 16 700 21 000 36 266

Din tabela 1 rezultă că și căderea de tensiune este mai mică decît cea indicată de norme și, ca o consecință, încălzirea este mai mică. Menționăm că temperatura nu a fost măsurată la

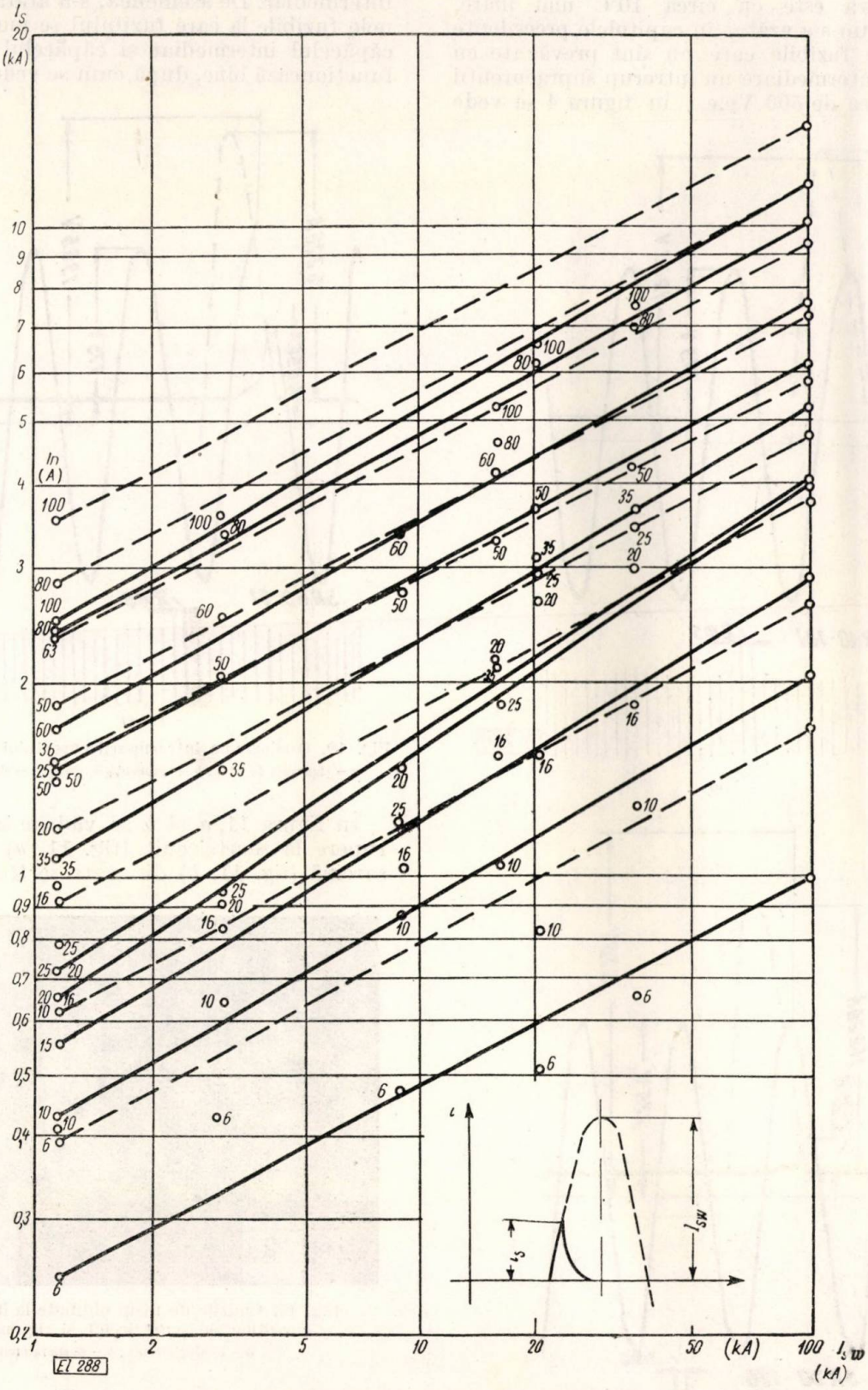
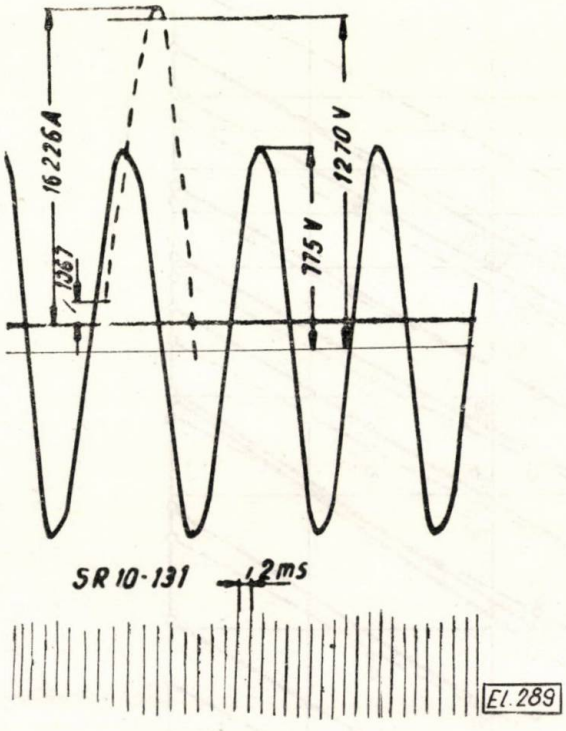


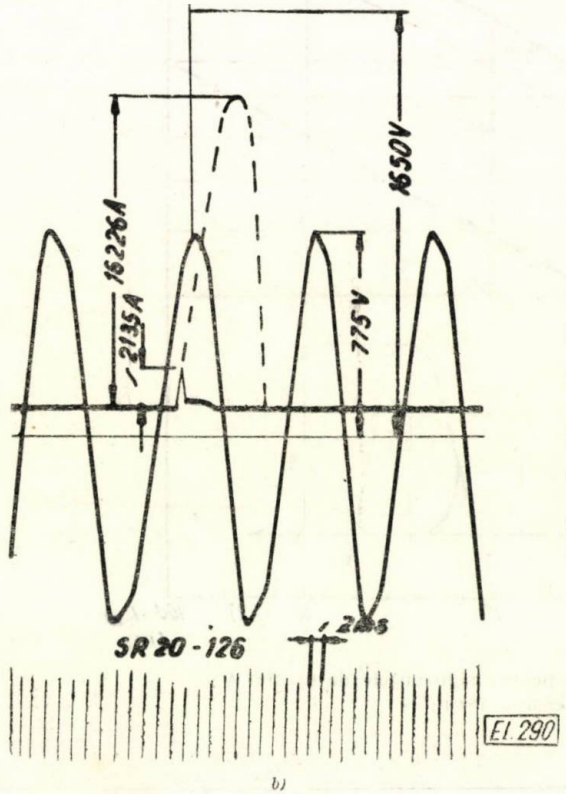
Fig. 9. Caracteristica de limitare a curentului pentru siguranţele de 6—100 A:
——— curbele siguranţelor construite la ICET;
– – – – curbe din literatură [17].

șuruburile de borne, ci la capete, pe filet, unde temperatura este cu circa 10°C mai mare.

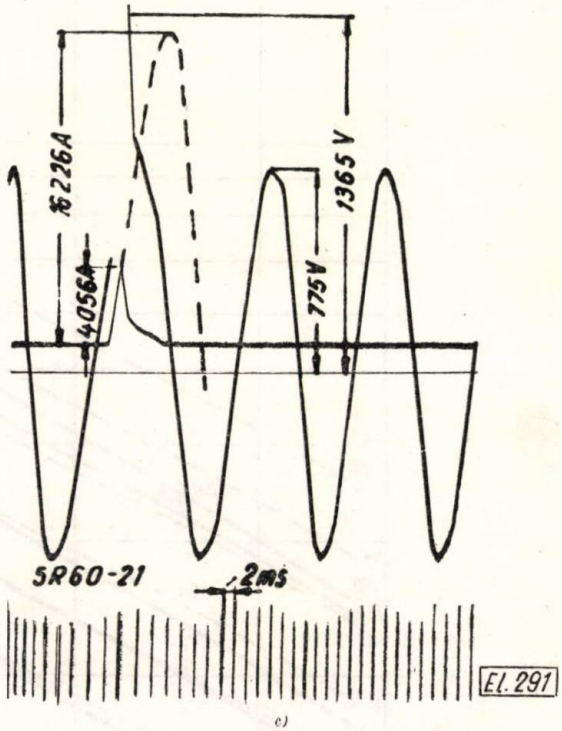
După cum s-a arătat în capitolele precedente patroanele fuzibile care nu sînt prevăzute cu căpăcele intermediare nu întrerup supracurenții la tensiunea de 500 Vc.c.; în figura 4 se vede felul cum au întrerupt siguranțele fără căpăcel intermediar. De asemenea, s-a arătat că patroanele fuzibile la care fuzibilul se montează între căpăcelul intermediar și căpăcelul superior nu funcționează bine, după cum se vede în figura 5.



a)



b)



c)

Fig. 10. Oscilograma întreruperii curentului la scurtcircuit: *a* – siguranța de 10 A; *b* – siguranța de 20 A; *c* – siguranța de 60 A.

În figura 11, *a* și *b* se văd omizile de întrerupere la scurtcircuit (fig. 11, *a*) și la suprasarcină (fig. 11, *b*) din care se trage concluzia

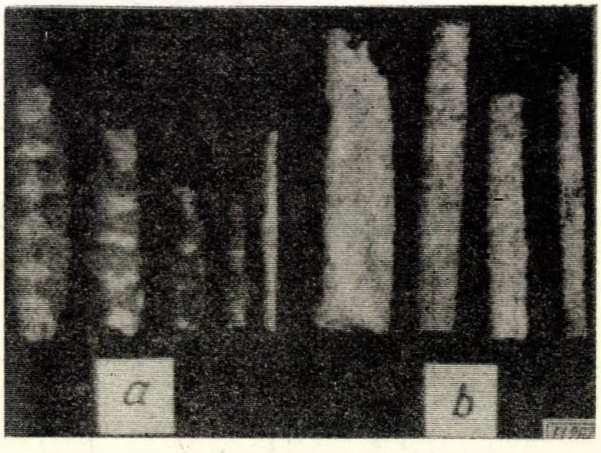


Fig. 11. Omizile de nisip obținute la întreruperea curenților de scurtcircuit și suprasarcină: *a* – la scurtcircuit; *b* – la suprasarcină.

că arcul se extinde în ambele cazuri asupra întregii lungimi a fuzibilului.

Se constată, din încercările experimentale la scurtcircuit și la suprasarcină în curent continuu,

că întreruperea la 2,5 I_n și 550 Vc.c. este mai grea decît întreruperea la scurtcircuit în curent altenativ.

4. Concluzii

Din rezultatele obținute atît la încercările de supracurenți la tensiunea de 550 Vc.c. cît și din încercările de scurtcircuit rezultă că siguranțele echipate cu patroane confecționate la ICET se situează la nivelul celor mai moderne siguranțe [3], [16], depășindu-le chiar. Astfel siguranțele confecționate la ICET au căderi de tensiune mai mici decît cele indicate de norme și decît seria de siguranțe NH — Siemens, iar durata lor de viață satisface condiția impusă de recomandările CEI [11]. În ceea ce privește capacitatea de rupere, aceste siguranțe au fost încercate la curenți de la 500 la 25 000 A, în trepte, cu rezultate foarte bune. Pentru toate treptele de curent cuprinse între valorile de 500 și 25 000 A, siguranțele au caracteristica de limitare a curentului superioară caracteristicilor publicate în literatura de specialitate (fig. 9).

După cum rezultă din figura 8, timpul de fuziune se încadrează în cel impus de norme [9]; mai mult, siguranțele sînt selective, avînd curbele de fuziune paralele și distanțate între ele.

Principiile constructive și tehnologia au fost astfel alese încît caracteristicile siguranțelor să fie reproductibile, deoarece factorii subiectivi au influență cît mai mică. De exemplu, fuzibilele se lipesc la un capăt, la siguranțele mai mici de 60 A, și la ambele capete la siguranțele mai mari de 60 A, cu o mașină de sudat în puncte cu regulator de timp. Mașina automată de sudat în puncte, cu regulator de timp, asigură, pe lîngă o sudură uniformă, și o productivitate și calitate ridicate.

Performanțele ridicate arătate în capitolele precedente au fost obținute cu siguranțe îmbunătățite, fapt care nu afectează decît patronul fuzibil.

Cum prețul de cost al patronului fuzibil nu reprezintă decît 15% din costul siguranței, o mărire a prețului de cost, datorită unei tehnologii ceva mai complexe, la patron cu 12% (cifră rezultată din calculele preliminare) ridică prețul de cost al siguranței numai cu 2%.

Avantajele importante ale introducerii în fabricație a acestor patroane sînt acelea ale realizării unei siguranțe la nivelul mondial, care, deși nu aduce economii întreprinderii producătoare, pe economia națională aduce economii considerabile. Acestea constau în: siguranța mărită în funcționarea instalațiilor, dimensionarea economică a lor, evitarea întreruperilor instalațiilor neafectate de deranjamente, datorită unei slabe selectivități etc.

Prezentul articol nu a tratat decît problemele de construcție și tehnologie a patroanelor fuzibile rapide. Elementele de calcul care au stat la baza elaborării acestor patroane vor fi publicate într-un articol viitor. Trebuie arătat că la noi în țară au existat preocupări, cu contribuții, în problemele de calcul al siguranțelor cu fuzibile [17], [18], [19]. În esență, calculul siguranței se reduce la calculul încălzirii.

Trebuie arătat, în încheiere, că a existat o colaborare strînsă între ICET și „Electroaparataj", în rezolvarea acestei probleme.

Bibliografie

[1] *Lipiski, T.* și *Uncko, R.* Badanie Wtkadek bezpieeczników instalacyjnych na 500 V, Przeglad Elektrotechniczny, *31*, 1955, nr. 6, p. 406—409.

[2] *Henslmayer, G* și *Rauch, W.* Neue Diazed-Schmelzeinsätze, E.T.Z., B, 7, 1955, p. 121—124.

[3] *Hanslmayer, G.* și *Rauch, W.* Neue Diazed-Sicherungen, Siemens Zeitschrfit, **33**, 1959, nr. 6, p. 417—424.

[4] *Aizenberg, B. L.* Protecția prin siguranțe fuzibile în instalații pînă la 1 000 V, Editura tehnică, 1960.

[5] *Mihula, B.* Siguranțe de putere pentru joasă tensiune, Elektrotechnik, **10**, 1955, nr. 9, p. 291—296.

[6] *Srek, L.* Siguranțe cu întîrziere motor, Electrotechnik, **6**, 1951, nr. 4, p. 86—88.

[7] *Keresztes, Z.* Materiale pentru sîrme fuzibile de siguranță, Electrotehnica, 1949, nr. 11, p. 290—292.

[8] *Predoiu, A.* Evoluția siguranțelor fuzibile în țara noastră, Electrotehnica, **9**, 1961, nr. 12, p. 439—446.

[9] VDE 0635/3.53. Vorschriften für Leitungschutzicherungen mit geschlossenem Schmelzeinsatz, 500 und 750 V bis 200 A.

[10] STAS 542-53. Siguranțe unipolare cu filet pînă la 100 A; 500 V.

[11] CEI 23 (BC) 29. Recomandation de specification pour les coupecircuit a fusibles pour usages domestiques et analogues.

[12] CNS 354-710. Siguranțe cu filet 500 V și 750 V putere pînă la 100 A.

[13] STAS 4197-53. Patroane fuzibile și piese de contact.

[14] *Pesici, M.* și *Barbu, I.* Stația de încercări de joasă tensiune a Institutului de cercetări electrotehnice, Electrotehnica, **9**. 1961, nr. 11, p. 386—395.

[15] *Hortopan,* Gh. Utilizarea energiei electrice, Litografia Institutului politehnic, București, 1960.

[16] *Hans, V.* și *Johann, H.* N H Sicherungen für erhänte Anforderungen. Siemens Zeitschrift, **34**, 1960, nr. 8.

[17] *Avramescu, A.*: Beitrage zur Erwärmungsberechnung elektrischer Leiter, Bul. I.R.E., **11**, 1944, nr. 3—4, p. 301—412.

[18] *Lupaș, O.* Legătura între curentul minim de topire și diametrul siguranțelor fuzibile, Electrotehnica, **6**, 1958, nr. 7, p. 235—238.

[19] *Avramescu, A.* Contribuții la calculul încălzirii tranzitorii a siguranțelor fuzibile, Comunicările Academiei R.P.R., vol. V, nr. 4, 1955.

Contribuţii la calculul transformatoarelor monofazate de mică putere ($S < 500$ VA)

Adrian Cupşa* — Bucureşti

Literatura tehnică conţine numeroase lucrări asupra calculului transformatoarelor mici. Este deosebit de utilă o sistematizare a metodicii de calcul şi mai ales este utilă o simplificare a acesteia, astfel efectuată încît totuşi să evite simplificările care se fac la transformatoarele mari de a se neglija curentul magnetizant şi cîteodată căderile de tensiune. În prezenta lucrare se încearcă a se soluţiona această problemă.

I. Generalităţi

Larga răspîndire a transformatoarelor monofazate de mică putere a dus, după cum era şi normal, la o mare varietate de tipuri constructive şi au fost dezvoltate diferite metodici de calcul simplificate.

Micile transformatoare se execută fie ca unicate sau serii mici, de către radioamatori, fie în serii mari, de către fabricile constructoare. De obicei, în prima categorie, cînd nu există întotdeauna posibilitatea confecţionării unui prototip, transformatoarele se execută cu multe elemente de reglaj, spre a putea obţine în secundar, de la caz la caz, valoarea nominală a tensiunii pentru un curent de sarcină nominal. La transformatoarele din a doua categorie se face de cele mai multe ori un calcul sumar, după care se execută un prototip pe care se fac încercări şi modificări, pînă cînd sînt satisfăcute datele dorite.

Pentru calcule servesc tot felul de nomograme şi formule mai mult sau mai puţin empirice care se găsesc în literatură.

În lucrarea de faţă s-a pus problema găsirii unei metode de calcul simple şi cît mai corecte, care să permită, în primul rînd, determinarea numărului de spire — luînd în considerare căderile interne mari de tensiune care au fost cercetate aici teoretic şi experimental —, astfel ca practic să evităm în mare parte tatonările amintite, iar în al doilea rînd — o sistematizare şi o simplificare a metodologiei de proiectare.

S-au folosit date experimentale asupra unor transformatoare executate la uzinele „Electromagnetica"-Bucureşti.

II. Particularităţi ale transformatoarelor de mică putere

1. Este ştiut că la transformatoarele mici căderea de tensiune şi curentul de mers în gol ating valori considerabile care aduc modificări în calculele acestor transformatoare faţă de cele obişnuite. Astfel şi STAS 3532—52 admite că:

— la transformatoare sub 100 VA, căderea de tensiune de la gol la sarcină poate atinge 60%, iar curentul de mers în gol 50% din cel nominal;

— la transformatoare cu puterea de 100—500 VA, mărimile amintite pot atinge 30%.

S-a găsit necesar să se dea în anexa I o demonstraţie asupra acestei particularităţi a transformatoarelor mici, deoarece literatura este limitată în această privinţă.

Totodată, prezenţa acestor căderi interne mari de tensiune şi valoarea ridicată a curentului de mers în gol impun să nu se mai accepte — aşa cum în mod eronat se obişnuieşte cîteodată în lucrări — ipotezele simplificatoare ce se fac la transformatoarele obişnuite:

$$S_1 = S_i = S_2; \tag{1}$$

$$W_1 I_1 = W_2 I_2; \tag{2}$$

$$\frac{U_1}{W_1} = \frac{U_2}{W_2}. \tag{3}$$

În aceste relaţii, S_1 şi S_2 sînt puterile aparente la primar, respectiv secundar; S_i este o putere egală cu $E_2 I_2$ numită interioară; W_1 şi W_2 reprezintă numărul de spire din primar, respectiv din secundar; I_1; I_2; U_1; U_2 sînt curenţii, respectiv tensiunile la bornele primarului, respectiv ale secundarului.

2. De cele mai multe ori, aceste transformatoare se prezintă sub forma unor construcţii cu mai multe înfăşurări, care alimentează diferite circuite, dintre care multe conţin redresoare şi alte elemente neliniare. Din acest motiv apar unele prize suplimentare (care nu intervin în circuit decît la anumite tensiuni) ce introduc spire care măresc volumul ocupat de bobinaj.

3. În construcţia acestor transformatoare — îndeosebi la serii mari — se folosesc tole de tip EI economice, adică tole ştanţate după un plan de tăiere care să elimine pierderile de material. Astfel tola I provine din decuparea ferestrei a două tole E alăturate (fig. 1). Or, acest lucru impune un anumit raport între dimensiunile tolei, aşa cum se vede în figura 2.

* A. Cupşa este inginer la uzinele „Electromagnetica".

4. Făcînd în general parte dintr-un ansamblu închis, funcționînd în aer, transformatoarele de mică putere se construiesc cu bobinaje uscate (cîteodată neimpregnate). Se adoptă solicitări magnetice și electrice corespunzătoare.

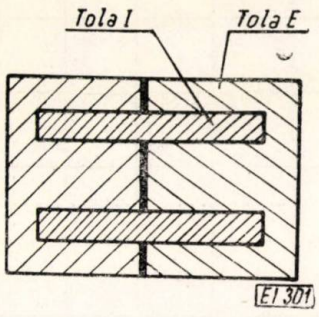


Fig. 1. Plan de tăiere fără pierderi la tola tip *EI*.

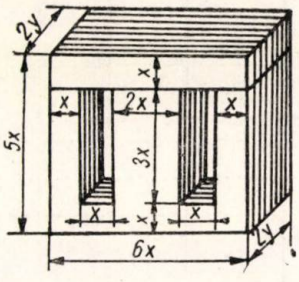


Fig. 2. Geometria tolei economice de tip *EI*.

III. Principii de calcul

1. *Precizarea notațiilor*

Vom folosi simbolurile U pentru tensiuni la borne, E pentru t.e.m., I pentru curenți, S pentru puteri aparente, P pentru puteri active, Q pentru cele reactive. Numerele de spire se vor nota cu W, tensiunea pe spiră cu e_{sp}.

Deoarece secundarul are mai multe înfășurări, vom folosi indicele 1 pentru primar și indicele S_k pentru înfășurarea secundară K. Indicele 2 va fi folosit doar la secundare cu o singură înfășurare.

Indicele 0 se referă la mersul în gol, a se referă la componente active, iar r la cele reactive; indicele i se referă la mărimile interne (de calcul sau electromagnetice cum se mai numesc). Indicele Fe se referă la fier, iar Cu — la cuprul bobinajelor. Indicele m se referă la solenația și fluxul fascicular rezultant (de magnetizare).

Acești indici se pot combina între ei. Celelalte mărimi și indicii care vor mai interveni se vor explica pe parcurs. Pentru dimensiunile geometrice se vor face trimiteri la figuri.

2. *Ipoteze simplificatoare*

— Presupunem că pentru economicitate folosim tole *EI* de tip economic (fig. 2), formulele de dimensionare a miezului referindu-se la acest caz.

— Se vor preciza pe parcurs celelalte premise sau ipoteze de calcul.

3. *Calculul electromagnetic*

În lucrarea [1] sînt analizate dimensiunile optime din punct de vedere tehnico-economic pentru un transformator cu bobinaje cilindrice. În lucrarea de față vom folosi relațiile din [1] verificate experimental cu bune rezultate de noi. În relațiile din [1] intervine însă, ca parametru principal, puterea S_i, numită adesea (ca mai sus) puterea electromagnetică internă. Pentru determinarea lui S_i nu se dau în literatură precizări anume în cazul transformatoarelor mici. Un calcul al acestei valori pe baza formulelor obișnuite a transformatoarelor cu mai multe înfășurări ar duce la complicații foarte mari inexplicabile în practică. Din acest motiv am introdus în prezenta lucrare o simplificare esențială de calcul, pe bază experimentală. În acest scop, pe un număr mare de transformatoare cu înfășurări cilindrice bobinate exclusiv pe întreaga lungime a carcasei (fig. 9), am studiat experimental variația căderii de tensiune de la gol la sarcina nominală, în funcție de puterea totală debitată de înfășurările secundarului. Facem astfel notația:

$$\delta = \frac{U_{20} - U_{2n}}{U_{2n}} \cdot 100\%. \qquad (4)$$

Pentru un transformator cu o putere secundară totală dată, valoarea lui δ variază de la o înfășurare la alta, în funcție de solicitările materialelor active, de raportul de transformare al înfășurării, de execuția sa. De aceea se obține o plajă de valori care au fost redate în diagrama din figura 3, valabilă în principiu pentru transformatoarele de construcția amintită. Diagrama este deosebit de utilă în faza de proiectare cînd cunoaștem destul de puține elemente.

Precizăm apoi că la un transformator cu mai multe înfășurări — după cum rezultă și din figura 4, *a* și *b* — înțelegem prin mers în gol regimul în care toate înfășurările secundare sînt în gol; similar pentru funcționarea în sarcină.

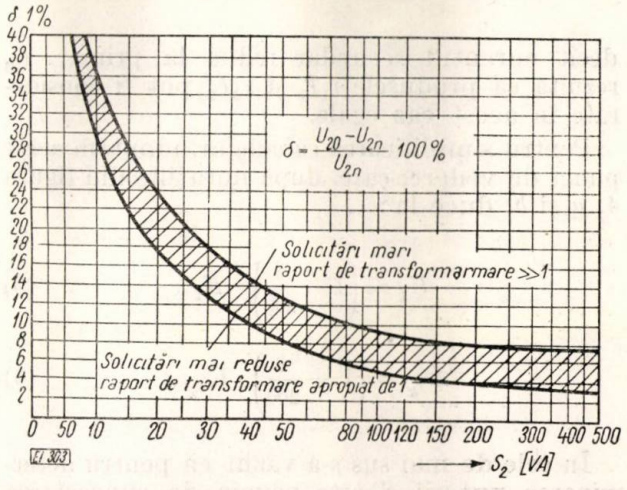


Fig. 3. Abacă pentru aflarea căderii de tensiune în sarcină.

De asemenea, considerăm că jumătate din căderea totală de tensiune δ se produce în primar, și jumătate în secundar. Această ipoteză este bazată pe faptul că la puteri sub 500VA, după cum rezultă din anexa I punctul *1*, cît

şi din date experimentale, căderea de tensiune activă este predominantă, de circa 7—10 ori mai mare ca cea reactivă. Or, rezistenţa secundarului redusă la primar fiind mai mare ca a primarului (lungimea medie a spirei fiind mai mare), deşi curentul primar I_1 este mai mare

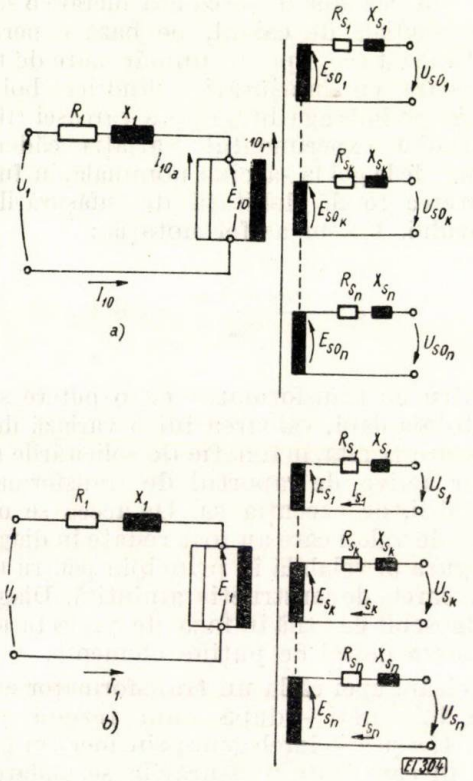


Fig. 4, *a* şi *b*. Schema de funcţionare a unui transformator cu înfăşurări secundare :
a — în gol ; *b* — în sarcină.

decît curentul secundar redus la primar I_2, rezultă că produsele $r_1 I_1$ şi $r_2 I_2$ pot fi considerate în acest caz egale.

Pentru simplificarea calculelor adoptăm acest punct de vedere, care, după notaţiile din figura 4, *a* şi *b*, duce la :

$$U_1 = \left(1 + \frac{\delta}{200}\right) \cdot E_1 \qquad (5)$$

$$E_{s_k} = \left(1 + \frac{\delta}{200}\right) \cdot U_{s_k} . \qquad (6)$$

În cele de mai sus s-a văzut că pentru determinarea puterii S_i este nevoie de cunoaşterea puterii secundare totale. În practică intervin două cazuri, şi anume cînd se cunoaşte factorul de putere al fiecărui secundar în parte şi cînd nu se cunoaşte.

— Cînd se cunosc exact curentul şi factorul de putere din fiecare circuit secundar, este bine să se întocmească o tabelă (tabela 1).

Tabela 1

Înfăşurarea secundară	U_s, V	I_s, A	$\cos \varphi_s$ –	I_{sa}, A	I_{sr}, A	P_s, W	Q_s, VAR
1							
2							
k							
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
n							

Atunci, $P_2 = \sum_{k=1}^{n} P_{s_k}$ şi $Q_2 = \sum_{k=1}^{n} Q_{s_k}$; (7)

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} . \qquad (7')$$

— Cînd nu se cunoaşte factorul de putere al fiecărui circuit secundar în parte, se ia pentru puterea secundară totală o valoare acoperitoare, după relaţia :

$$S_2 = \sum_{k=1}^{n} S_{s_k} , \qquad (8)$$

puterile secundare adunîndu-se aritmetic.

Ca urmare la cele de mai sus, putem pune întotdeauna :

$$S_i = \left(1 + \frac{\delta}{200}\right) S_2 = \left(1 + \frac{\delta}{200}\right) \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} . \qquad (9)$$

4. *Mersul mai departe al calculului*

Odată determinată puterea internă S_i urmează să determinăm geometria circuitului magnetic. Pentru aceasta folosim relaţiile luate după [1] :

$$x_{opt} = 0{,}28 . \sqrt[4]{\frac{S_i \cdot (4 + m)}{m \cdot n}} ; \qquad (10)$$

$$y_{opt} = \frac{1{,}7 \cdot S_i}{n} \cdot \sqrt[4]{\left[\frac{m \cdot n}{S_i (4 + m)}\right]^3} ; \qquad (11)$$

$$S_{Fe} = \sigma_{Fe} \, . \, 2x_{opt} \, . \, 2y_{opt} , \qquad (12)$$

unde :

$$m = \frac{k_{Cu}}{k_{Fe}} = \frac{\sigma_{Cu} \cdot \gamma_{Cu} \cdot C_{Cu}}{\sigma_{Fe} \cdot \gamma_{Fe} \cdot C_{Fe}} ; \qquad (13)$$

$$n = f \, . \, \sigma_{Cu} \, . \, \sigma_{Fe} \, . \, J_{Cu} \, . \, B_{Fe} , \qquad (14)$$

iar mărimile celelalte au următoarele semnificaţii :

$\frac{C_{Cu}}{C_{Fe}}$ este raportul costurilor specifice la cupru

și fier, date după [1], în funcție de S_i, în figura 5;

γ_{Cu} și γ_{Fe} — greutățile specifice la cupru și fier;

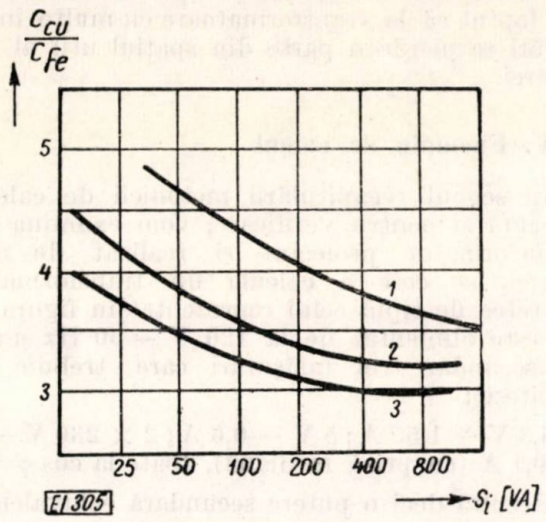


Fig. 5. Curba prețului de cost $\frac{Cu}{C_{Fe}} = f(S_i)$:
1 — transformator de rețea în radio; *2* — transformator în aer liber; *3* — autotransformatoare.

σ_{Fe} — factorul de umplere la tole, cuprinse între 0,92 și 0,95 pentru grosimea de 0,35 mm;

σ_{Cu} — factorul de umplere a ferestrei transformatorului, dat după [1] în figura 6, în funcție de S_i;

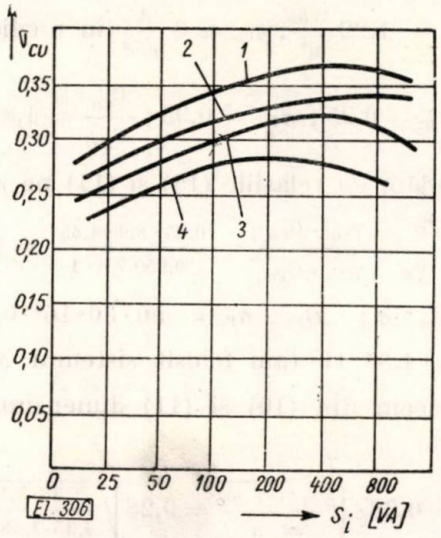


Fig. 6. Curba factorului de umplere $\sigma_{Cu} = f(S_i)$:
1 — trafo cu două înfășurări; *2* — trafo cu trei înfășurări; *3* — trafo cu trei înfășurări și prize intermediare; *4* — trafo cu mai multe înfășurări.

B_{Fe} — inducția magnetică în fier (fig. 7), în sarcină;

S_{Fe} — secțiunea netă a miezului central;

$f = 50$ Hz — frecvența rețelei;

J_{Cu} — densitatea de curent în înfășurări care variază între $2{,}6-3{,}4\ \frac{A}{mm^2}$, în funcție de puterea transformatorului, de modul de răcire, de felul înfășurării (primar, secundar) etc.

Cunoscînd toate aceste date, se pot calcula dimensiunile tolei circuitului magnetic. Se poate calcula tensiunea pe spiră:

$$e_{sp} = 4{,}44 \cdot f \cdot B_{Fe} \cdot S_{Fe} \cdot \qquad (15)$$

Deoarece cunoștem pe U_1 și U_{s_k}, din relațiile de mai sus, se deduc E_1 și E_{s_k}; rezultă deci numărul de spire:

$$W_1 = \frac{E_1}{e_{sp}} \quad W_{s_k} = \frac{E_{s_k}}{e_{sp}}. \qquad (16)$$

5. *Calculul curentului primar și al secțiunii conductoarelor*

Pentru calculul curentului primar, este necesar să cunoștem curentul magnetizant în sarcină. Spre deosebire de transformatoarele mari,

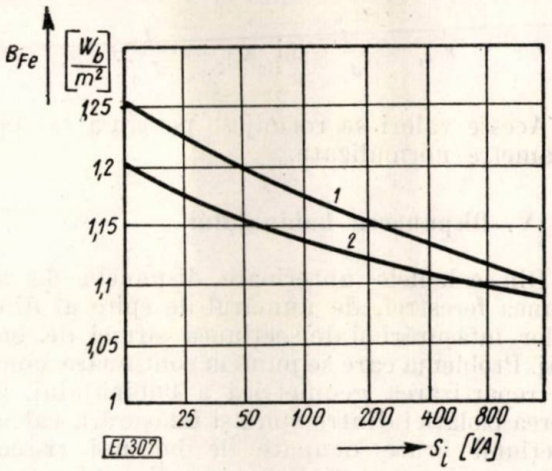


Fig. 7. Curba $B_{Fe} = f(S_i)$ pentru tola *E* IV-A:
1 — 0,35 m; *2* — 0,5 mm.

la aceste transformatoare curentul magnetizant în sarcină diferă foarte mult de curentul de mers în gol. Acest lucru se datorește faptului că în special la puteri foarte mici, inducția în fier B_{Fe} variază apreciabil de la mersul în gol la sarcina nominală.

Calculul curentului magnetizant cunoscînd pe B_{Fe} rezultă folosind curbele sau tabelele date în diferite lucrări de specialitate. Se deduce:

$$I_{mr} = f(B_{Fe}) \text{ și } I_{ma} = \frac{P_{Fe}}{E_1}; \qquad (17)$$

$$I_m = \sqrt{I_{ma}^2 + I_{mr}^2}. \qquad (18)$$

Adesea trebuie incluse și joantele în calcul, care pot avea uneori o pondere mare.

La calculul curentului primar se va ține seamă de cele două cazuri care pot interveni în practică, amintite mai înainte.

I. Cînd se cunoaște factorul de putere al fiecărui circuit secundar. În acest caz se deduc componentele I_{1a} și I_{1r} ale curentului primar I_1, după relațiile:

$$I_{1a} = I_{ma} + \frac{1}{W_1}\sum_{k=1}^{n} I_{sa_k} W_{s_k}; \qquad (19)$$

$$I_{1r} = I_{mr} + \frac{1}{W_1}\sum_{k=1}^{n} I_{1r} W_{sk}. \qquad (20)$$

II. Cînd nu se cunoaște factorul de putere al circuitelor secundare, se alege situația cea mai defavorabilă, adunînd aritmetic curentul magnetizant, după relația:

$$I_1 = I_m + \frac{1}{W_1}\sum_{k=1}^{n} I_{s_k} \cdot W_{s_k} \qquad (21)$$

Secțiunea s_{Cu1} și s_{Cu2} a conductoarelor rezultă după ce se alege densitatea J_{Cu}. Aceasta se află între limitele 2,6—3,4 A/mm. Rezultă

$$s_{Cu_1} = \frac{I_1}{J_{Cu_1}} \text{ și } s_{Cu_2} = \frac{I_2}{J_{Cu_2}}. \qquad (22)$$

Aceste valori se rotunjesc pentru a se obține diametre normalizate.

IV. Dispunerea bobinajului

Din calculele anterioare dispunem de secțiunea ferestrei, de numărul de spire al diferitelor înfășurări și de secțiunea sîrmei de bobinaj. Problema care se pune în continuare constă în repartizarea geometrică a bobinajului, alegerea izolației dintre spire și înfășurări, calculul secțiunii brute ocupate de bobinaj și compararea ei cu spațiul de care dispunem în fereastra transformatorului (este bine să rezulte un surplus de 7—10%).

Aproape în exclusivitate, se execută bobinaje de tip cilindric; pentru o cît mai bună așezare a spirelor (bineînțeles și pentru o izolare și rezistență mecanică sporite), la transformatoarele foarte mici se folosește o carcasă de bachelită sau pertinax; la cele peste 100 VA, carcasa nu este indispensabilă.

La tensiunile maxime care se întîlnesc de obicei — 500 V — corespunde în cazurile frecvente o tensiune de încercare a rigidității dielectrice de $2U_n + 1\,000$, adică 2 000 V_{efi} pentru aceasta, izolația dintre straturi cu hîrtie de condensator sau uleiată și cea dintre înfășurări cu pînză uleiată și preșpan sînt suficiente. Capetele bobinajelor se scot în tuburi linoxinice sau material plastic la o placă izolantă prevăzută cu terminale. Este indicat să folosim sîrmă de tipul CuEm.

La calculul secțiunii brute a bobinajului se va avea în vedere faptul că, dacă diametrul conductorului izolat este d_{iz}, spațiul ocupat de acesta este în general d_{iz}^2. Se va ține seamă de asemenea, de existența spirelor auxiliare, de faptul că la transformatoare cu multe înfășurări se pierde o parte din spațiul util al ferestrei.

V. Exemplu de calcul

În scopul recapitulării metodicii de calcul, precum și pentru verificare, vom examina un transformator proiectat și realizat de noi. Astfel, se cere a calcula un transformator de rețea de tipul celui reprezentat în figura 1. El este alimentat de la 120 V — 50 Hz și are în secundar trei înfășurări care trebuie să debiteze:

6,3 V — 1,55 A; 5 V — 0,6 A; 2 × 230 V — — 0,1 A (cu priză mediană), toate la cos $\varphi = 1$.

Rezultă deci o putere secundară echivalentă egală cu:

$$S_2 = 6{,}3 \cdot 1{,}55 + 5 \cdot 0{,}6 + 230 \cdot 0{,}1 = 10 + 3 + 23 = 36 \text{ VA}.$$

Din figura 3 deducem valoarea medie a căderii de tensiune $\delta = 10\%$, deci puterea internă $S_i = \left(1 + \frac{10}{200}\right) \cdot 36 = 38$ VA. Pe baza acestei valori, din curbele amintite la punctul III/4 deducem:

$$B_{Fe} = 1{,}22 \frac{Wb}{m^2}; \; y_{Cu} \approx 3 \frac{A}{mm^2} \text{ (în medie)};$$

$$\sigma_{Cu} = 0{,}25; \; \sigma_{Fe} = 0{,}95; \; \frac{C_{Cu}}{C_{Fe}} = 4{,}85.$$

Calculăm cu relațiile (13) și (14) pe m și n;

$$m = \frac{\sigma_{Cu} \cdot \gamma_{Cu} \cdot C_{Cu}}{\sigma_{Fe} \cdot \gamma_{Fe} \cdot C_{Fe}} = \frac{0{,}25 \cdot 8{,}9 \cdot 4{,}85}{0{,}95 \cdot 7{,}6 \cdot 1} = 1{,}48;$$

$$n = f \cdot y_{Cu} \cdot \sigma_{Cu} \cdot B_{Fe} \cdot \sigma_{Fe} = 50 \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}22 \cdot 0{,}95 = 4{,}35 \cdot 10^7$$ (am folosit sistemul MKSA).

Deducem din (10) și (11) dimensiunile optime:

$$x_{opt} = 0{,}28 \cdot \sqrt[4]{\frac{S_i (4+m)}{m \cdot n}} = 0{,}28 \sqrt[4]{\frac{38 \cdot 5{,}48}{4{,}35 \cdot 1{,}48 \cdot 10^7}} = 0{,}012 \text{ m};$$

$$J_{opt} = \frac{1{,}7 \cdot S_i}{m} \sqrt[4]{\left[\frac{m \cdot n}{S_i (4+m)}\right]^3} = \frac{1{,}7 \cdot 38}{4{,}35 \cdot 10^7} \cdot \sqrt[4]{\left[\frac{1{,}48 \cdot 4{,}35 \cdot 10^7}{38 \, (4 + 1{,}48)}\right]^3} = 0{,}0195 \text{ m}.$$

Se alege o tolă economică E — 12,5, la care fereastra are deschiderea 12,5 mm × 37,5 mm, iar miezul central, dimensiunile $2x_{opt} \cdot 2y_{opt} = 25 \times 39$.

Suprafața netă a ferestrei (ocupată de cupru) și secțiunea net de fier au valorile:

$$S_{Cu} = \sigma_{Cu} \cdot 12,5 \cdot 37,5 = 0,25 \cdot 12,5 \cdot 37,5 = 117 \text{ mm}^2;$$

$$S_{Fe} = \sigma_{Fe} \cdot 25 \cdot 39 = 0,95 \cdot 25 \cdot 39 = 925 \text{ mm}^2.$$

Tensiunile secundare în gol, evaluate în funcție de valoarea probabilă a lui $\delta = 10\%$, sînt:

$$7 \text{ V}; 5,4 \text{ V}; 2 \times 253 \text{ V}.$$

Tensiunea pe spiră la mersul în gol:

$$e_{sp_0} = e_{sp}\left(1 + \frac{\delta}{100}\right) = 4,44 \cdot f \cdot B_{Fe} \cdot S_{Fe} \cdot \left(1 + \frac{\delta}{100}\right) = 4,44 \cdot 50 \cdot 9,25 \cdot 10^{-4} \cdot 1,22 \cdot 1,1 = 0,273 \text{ V}.$$

Numerele de spire ale înfășurărilor vor fi date de cîtul $\frac{U_0}{e_{sp_0}}$:

secundar: 25; 20; 2×925 spire; } valori ro-
primar: 440 spire. } tunjite

Calculul curentului primar:

1) *Curentul de magnetizare în sarcină și de mers în gol.*

S-a folosit tola ∋4 A tratată, astfel că ea se apropie, ca performanțe, de tola IV din figura 8. Această figură, luată după [7], are avantajul că indică componentele specifice ϑ_a și ϑ_r ale curentului de magnetizare ridicate în c.a.

Avem pentru $B_{Fe} = 1,22 \frac{Wb}{m^2}$ $\vartheta_r = 2,3 \frac{A}{cm}$ și

$$\vartheta_a = 0,45 \frac{A}{cm}$$

în gol pentru $B_{Fe_0} = 1,1 \times 1,22 = 1,34 \frac{wb}{m^2}$

$$\vartheta_{r_0} = 3,4 \frac{A}{cm}$$

și $\vartheta_{a_0} = 0,5 \frac{A}{cm}$ (la mersul în gol).

Componentele celor doi curenți, ținînd seamă că l_{Fe} la tolă economică are valoarea $12 \cdot x = 12,1.25 = 15$ cm, sînt:

$$I_{ma} = \frac{\vartheta_a \cdot l_{Fe}}{W_1} = \frac{0,45 \cdot 15}{440} = 0,0153 \text{ A};$$

$$I_{mr} = \frac{\vartheta_r \cdot l_{Fe}}{W_1} = \frac{2,3 \cdot 15}{440} = 0,08 \text{ A};$$

$$I_{o_a} = \frac{\vartheta_{a_0} \cdot l_{Fe}}{W_1} = \frac{0,5 \cdot 15}{440} = 0,017 \text{ A};$$

$$I_{o_r} = \frac{\vartheta_{r_0} \cdot l_{Fe}}{W_1} = \frac{3,4 \cdot 15}{440} = 0,116 \text{ A};$$

$$I_0 = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0r}^2} = \sqrt{0,017^2 + 0,116^2} = 0,117 \text{ A}.$$

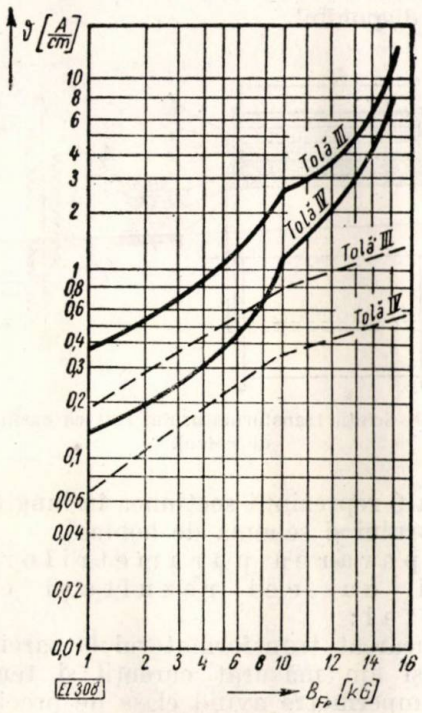


Fig. 8. Componentele specifice ale curentului de magnetizare:
– – – – active; ——— reactive;
III — tole 0,5 mm cu $P_{10} = 2,3 \frac{W}{kg}$; IV — tole 0,35 mm cu P_{10} 1w/kg.

2) *Curentul primar maxim*

În secundar există sarcini rezistive, deci:

$$I_{1a} = I_{ma} + \frac{1}{W_1} \cdot \sum_{k=1}^{B} I_{s_k} \cdot W_{s_k} = 0,0153 + 0,3267 = 0,342 \text{ A};$$

$$I_{1r} = I_{mr} = 0,08 \text{ A};$$

$$I_1 = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1r}^2} = 0,35 \text{ A};$$

$$\frac{I_0}{I_1} 100 = \frac{0,117}{0,35} 100 = 33,5\%, \text{ adică sub } 50\%.$$

Alegerea secțiunii conductoarelor:

Vom alege o densitate medie $j_{cu}=3\ \frac{A}{mm^2}$, ținînd seamă că la aceste transformatoare înfășurarea exterioară se răcește cel mai bine, iar cea interioară (pe miez), cel mai rău. De asemenea, bobinajul 2 × 230 V este parcurs de curent doar o semiperioadă. Rezultă diametrele următoare (primar — 0,4 mm; secundar — 0,8; 0,5 și 0,16), unde este dată foaia de bobinaj.

Verificarea spațiului net al ferestrei:

$$S_{Cu}=\frac{\pi}{4}(440\cdot 0{,}4^2+25\cdot 0{,}8^2+20\cdot 0{,}5^2+$$

$$+1850\cdot 0{,}16^2)=110\ mm^2,$$ față de 117 mm^2 cît este disponibil.

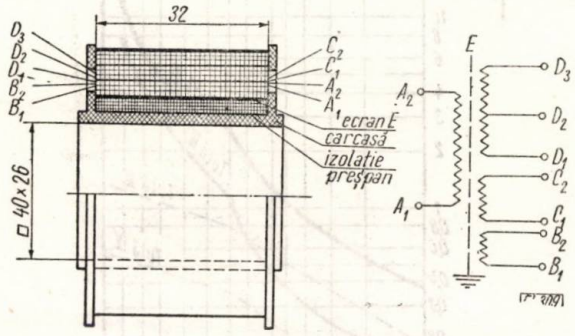


Fig. 9. Schița transformatorului luat ca exemplu de calcul.

Figura 9 reprezintă secțiunea în lung a transformatorului și schema de bobinaj.

Comparareа parametrilor calculați cu cei rezultați experimental:

Am încărcat transformatorul la sarcina nominală și am măsurat curenții și tensiunile cu voltampermetre avînd clasa de precizie 1,5 și consum redus. Datele obținute sînt reproduse în tabela 2:

abaterea =

$$=\frac{\text{Valoarea calculată — valoarea măsurată (reală)}}{\text{valoarea măsurată (reală)}}=$$

$$=100\,\%.$$

Abaterea cea mai mare — la curentul de mers în gol (deci fără mare importanță) — este explicabilă prin influența materialelor. La toate celelalte, inclusiv eroarea aparatelor de măsură, se vede că nu obținem diferențe mai mari de 4—5%, ceea ce pînă acum se realiza doar întîmplător.

Anexă

Justificarea teoretică a căderilor interne mari de tensiune și a curentului de mers în gol ridicat la transformatoare mici

1. *Căderea relativă de tensiune.* Vom porni de la relațiile de calcul date în [6] și [7], făcînd presupunerea că avem o serie de transformatoare care se caracterizează prin:

— aceleași solicitări;
— același tip constructiv (de exemplu tolă economică);
— existența a două înfășurări.

În calcule considerăm secundarul redus la primar și căderile de tensiune activă egale în cele două bobinaje.

$$\text{a)}\quad U_R=2\frac{I_1R_1}{E_1}=\frac{2\cdot l_m\cdot W_1\cdot\rho\cdot j_1}{I_1}\cdot\frac{I_1}{E_1},$$

unde:

ρ este rezistivitatea sîrmei de bobinaj;

$$W_1=\frac{E_1}{4{,}44\cdot f\cdot B_{Fe}\cdot S_{Fe}};$$

$l_m=K_1\sqrt[4]{S_i}$ — lungimea medie a spirei;

$S_{Fe}=K_2\sqrt{S_i}$ (am arătat)

$$U_R=\frac{2j_1\cdot\rho}{4{,}44\cdot f\cdot B_{Fe}}\cdot\frac{K_1\cdot\sqrt[4]{S_i}}{K_2\cdot\sqrt{S_i}}=\frac{K_3}{\sqrt[4]{S_i}}. \qquad (I)$$

$$\text{b)}\quad U_X=\frac{I_1X_{sc}}{E_1}=\frac{I_1W_1}{E_1}L_{sc}=\frac{I_1}{E_1}\cdot 2\pi f\cdot l_m\cdot W_1^2\cdot\mu_0\cdot$$

$$\cdot\frac{S_R}{l_\sigma}K_R,$$

unde:

K_R este coeficientul lui Rogowski $\approx C^t$ (pentru același tip constructiv);

l_σ — lungimea canalului de scăpări;

S_R — lungimea canalului de scăpări;

de asemenea, putem considera $\frac{S_R}{l_\sigma}\approx C^t$.

$$U_X=K_R\cdot\mu_0\cdot 2\pi f\cdot\frac{S_R}{l_\sigma}\cdot\frac{l_m\cdot E_1^2}{(4{,}44\cdot f\cdot B_{Fe}\cdot S_{Fe})^2}\cdot\frac{I_1}{E_1}=$$

$$=k_4\cdot\frac{E_1I_1}{S_{Fe}^2}l_m=K_4\frac{S_i}{K_2^2\cdot S_i}\cdot K_1\cdot\sqrt[4]{S_i}=K_5\sqrt[4]{S_i}. \qquad (II)$$

Tabela 2

Mărimea	I_0	U_{21_0}	U_{22_0}	U_{23_0}	U_{21}	U_{22}	U_{23}	I_1
calculat,	0,117	7	5,4	2×253	6,3	5	2×230	0,35
măsurat,	0,155	6,9	5,350	2×249	6,2	4,9	2×223	0,365
abatere, %	−24,5	1,45	0,93	1,61	1,61	2,05	3,15	−4,1

Se observă că U_R scade cînd crește S_i, iar U_X crește cu S_i. Înlocuind numeric constantele, se arată că la S_i mic $U_R \gg U_X$, pe cînd la S_i mare, dimpotrivă, $U_X \gg U_R$. Dacă interesează curba $U_{sc} = \sqrt{U_R^2 + U_X^2} = f(S_i)$, ea se poate trasa și are alura din figura 10. Există un minim la acea valoare

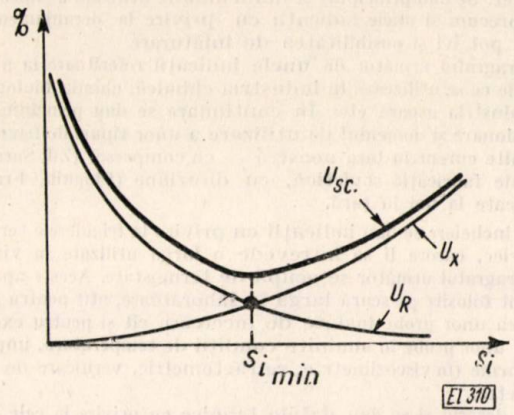


Fig. 10. Curba $U = f(S_i)$.

a lui S_i la care $U_X = U_R$, valoare care teoretic și experimental se deduce a fi de circa 1 000 VA, deci ne situăm în domeniul $0 < S_i < S_i$ min.

Deși în practică curba nu se prezintă chiar așa pe tot domeniul $0 < S_i < \infty$, pe porțiuni (de exemplu cea care ne interesează pe noi la puteri mici), ipotezele de calcul sînt corecte, relațiile I și II sînt valabile și explică teoretic cele constatate practic.

2. *Curentul de mers în gol.*

a) Componenta activă:

$$i_{o_a} = \frac{I_{0_a}}{I_1} = \frac{l_{Fe} \cdot \vartheta_a}{W_1 \cdot I_1} = \frac{12 \cdot x \cdot \vartheta a}{E_1 \cdot I_1} \cdot 4{,}44 \cdot f \cdot B_{Fe} \cdot S_{Fe}$$

$$\text{dar } x = K \sqrt[4]{S_i} \quad (4');$$

$$W_1 = \frac{E_1}{4{,}44 \cdot f \cdot B_{Fe} \cdot S_{Fe}};$$

$$i_{o_a} = \frac{K \cdot \sqrt[4]{S_i} \cdot 4{,}44 \cdot f \cdot B_{Fe} \cdot K_2 \cdot \sqrt{S_i}}{S_i} \cdot \vartheta_a = K_6 \cdot \frac{\vartheta_a}{\sqrt[4]{S_i}}. \quad \text{(III)}$$

b) Componenta reactivă:

$$\text{similar } i_{o_a} = \frac{I_{0r}}{I_1} = K_6 \cdot \frac{\vartheta_r}{\sqrt[4]{S_i}}. \quad \text{(IV)}$$

Se observă că există o explicație teoretică a creșterii lui I_0 cu scăderea lui S_i. În realitate, la puteri mici, curentul de mers în gol este și mai mare, deoarece:

— componenta activă este afectată mult de prelucrarea tehnologică a tolelor și de asamblare;

— componenta reactivă este afectată de faptul că, o dată cu scăderea dimensiunilor, întrefierul parazit de la joante rămîne practic neschimbat și ponderea sa relativă crește. Or, el nu a fost luat în considerare aici.

VI. Concluzii

Metoda expusă aici se referă la calculul transformatoarelor de mică putere, avînd în vedere particularitățile lor și necesitatea asigurării parametrilor funcționali în sarcină fără reglaj prealabil. Din acest punct de vedere, metoda se pretează, la fel de bine, atît la scopurile radioamatorilor, cît și la o producție de serie mare, deoarece pleacă de la considerentele tehnico-economice.

La baza ei stau foarte multe rezultate și încercări experimentale, care s-a căutat a fi justificate sau demonstrate și teoretic. În anexă s-au analizat teoretic două din problemele mai interesante.

Bibliografie

[1] *Lăzăroiu, F. D.* și *Slaiher, S.* Proiectarea tehnico-economică a transformatoarelor de mică putere, Automatica și Electronica, **5**, nr. 3.

[2] *Roghinskii.* Electriceskoe pitanie radiotehniceskih ustroistv, Gosenergoizdat, 1957.

[3] STAS 3532-52.

[4] *Ermolin* și *Vaganov.* Rasciot malomoscinih transformatorov, Gosenergoizdat, Moscova, 1957.

[5] *Sotirescu, N.* și *Saal, C.* Calculul transformatoarelor de mică putere cu ajutorul nomogramelor. Editura militară, 1957.

[6] *Seifert, G.* Vereinfachte Spannungswandler — Berechnung I, A.T.M. — Blatt 2 31-2, aprilie 1958, p. 83—86.

[7] *Seifert, G.* Vereinfachte Spannungswandler — Berechnung II A.T.M. — Blatt Z 31—3, iunie 1958, p. 129—132.

[8] *Balian, R. H.* Transformatorî maloi moșcinosti. Sudpromghiz, 1961.

CZ. 621.3

RECENZII

Pasere E., şi Bărbulescu Gh. **Aparate electrice şi electronice din laboratoarele industriale**, Editura tehnică, Bucureşti, 1961..

Intensificarea acţiunii pentru ridicarea continuă a nivelului tehnic al mijloacelor de producţie în întreaga economie naţională este o sarcină de o deosebită importanţă, trasată de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., de Hotărîrea C.C. al P.M.R. şi a Consiliului de Miniştri al R.P.R. privind ridicarea nivelului tehnic al producţiei.

În anii puterii populare, noile unităţi industriale cît şi cele vechi au fost înzestrate cu aparatură de laborator din ce în ce mai perfecţionată.

Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. trasează ca sarcini principale ridicarea continuă a nivelului tehnic, îmbunătăţirea calităţii produselor, creşterea randamentului şi a economicităţii maşinilor şi instalaţiilor.

Pentru realizarea acestor sarcini, Directivele indică o serie de măsuri printre care şi dezvoltarea reţelei de laboratoare uzinale.

Traducerea în viaţă a Directivelor C.C. al P.M.R. privitoare la întrecerile socialiste, al căror obiectiv principal este obţinerea de produse la nivelul celor mai perfecţionate produse asemănătoare de pe piaţa mondială, pretinde un exigent control de calitate, efectuat de specialişti calificaţi, care să cunoască aparatură din laboratoarele respective. Lucrarea „Aparate electrice şi electronice din laboratoarele industriale", apărută în Editura tehnică, cuprinde descrierea, exploatarea, întreţinerea, verificarea şi depanarea aparatelor pentru pregătirea şi condiţionarea probelor, pentru încercări, pentru stabilirea compoziţiei, analize etc., din diferite ramuri industriale. După modul cum este alcătuită, lucrarea este utilă nu numai pentru formarea unei vederi de ansamblu asupra principiilor de bază ale aparatelor de laborator celor mai corespunzătoare din punct de vedere funcţional şi economic, ci şi pentru rezolvarea concretă a unor probleme legate de exploatarea lor.

Sînt prezentate aparate de uz comun pentru diferitele laboratoare : pentru pregătirea şi condiţionarea probelor şi pentru încercările de laborator. Se face apoi o prezentare a aparatelor pe ramuri industriale. Sînt descrise aparate folosite în laboratoarele din industria metalurgică şi constructoare de maşini, industria chimică şi petrolieră, industria textilă, industria cauciucului şi cea alimentară. Prezentarea unui număr de peste 80 de scheme cu valori ale aparatelor electrice şi electronice existente în laboratoarele noastre uzinale face ca utilitatea cărţii să fie şi mai mare. Lucrarea apărută în Editura tehnică cuprinde opt capitole.

Capitolul I tratează problema traductoarelor, amplificatoarelor şi a aparatelor de măsură. Se amintesc pe scurt principalele elemente componente ale aparatelor electronice de laborator, studiul lor amănunţit făcînd obiectul unor lucrări de specialitate.

Într-o tabelă sînt indicate tipurile de traductoare ce se utilizează pentru măsurarea mărimilor neelectrice. După cum rezultă din tabela prezentată, tipurile de traductoare utilizate astăzi acoperă o gamă foarte largă de măsurări a mărimilor neelectrice.

Nu se prezintă decît amplificatoarele cu tuburi, deoarece cele cu tranzistoare încă nu au fost introduse în aparatele de laborator utilizate în ţara noastră. Aparatele de măsură sînt tratate separat — cele de curent continuu şi cele de curent alternativ.

Capitolul II cuprinde aparate de laborator utilizate în diferite ramuri industriale. Larga dezvoltare a încercărilor de laborator a dus la crearea unei mari diversităţi de aparate specifice fiecărei industrii, totuşi numeroase aparate de acest fel îşi găsesc utilizarea comună în mai multe ramuri industriale. Ca un exemplu, este suficient să amintim cuptoarele de laborator sau *p*H-metrele, care sînt în egală măsură utilizate în laboratoarele din industria metalurgică, industria chimică, alimentară ş.a.m.d.

Iniţial, se tratează aparatajul electric de laborator cu o utilizare mai largă în prelucrarea şi condiţionarea probelor. Se descriu cele mai reprezentative tipuri de cuptoare de laborator, şi anume : etuva, cuptorul cu cameră şi cuptorul cu creuzet. Se dau principiul şi domeniul de utilizare a cuptoarelor, precum şi unele indicaţii cu privire la deranjamentele ce se pot ivi şi posibilitatea de înlăturare.

Paragraful următor dă unele indicaţii referitoare la autoclavele ce se utilizează în industria chimică, chimia biologică, în industria uşoară etc. În continuare se dau principiul de funcţionare şi domeniul de utilizare a unor tipuri de frigidere întîlnite curent în ţara noastră — cu compresor (Zil, Saratov II), de fabricaţie sovietică, cu difuziune (Pinguin, Fram), fabricate la noi în ţară.

În încheiere se dau indicaţii cu privire la frigiderele termoelectrice, cărora li se întrevede o largă utilizare în viitor.

Paragraful următor se ocupă de termostate. Aceste aparate sînt folosite pe scară largă în laboratoare, atît pentru pregătirea unor probe înainte de încercări, cît şi pentru executarea unor probe în anumite condiţii de temperatură, impuse de norme (în viscozimetrie, refractometrie, verificare de termometre).

Se descriu şi se dau datele tehnice cu privire la cele mai utilizate termostate, şi anume : termostatul tip TS—24 (sovietic), ultratermostatul Höppler şi termostatul Wobser.

În paragrafele următoare se dau principiile şi domeniile de utilizare a altor aparate de laborator : higrostate şi termohigrostate, mori cu bile şi lămpi cu lumină rece.

Aparatelor pentru încercări de laborator li se alocă un spaţiu mare, dată fiind utilitatea lor comună în diverse ramuri industriale. Dintre acestea, cele mai importante sînt : *p*H—metrele, umidometrele şi stroboscopul electronic. Se remarcă varietatea exemplificărilor date la fiecare dintre problemele tratate.

În plus, la unele aparate recent introduse în cadrul laboratoarelor noastre se dau şi indicaţii privind manipularea, modul de întreţinere şi de înlăturare a deranjamentelor.

Capitolul III cuprinde aparate de laborator specifice pentru industria metalurgică şi constructoare de maşini.

În industria metalurgică, aparatura de laborator este foarte variată. Ea se foloseşte pentru încercări mecanice ale materialelor, semifabricatelor şi pieselor, la analize chimice ale materialelor intrate în uzine, la analize chimice spectrale ale metalelor lichide, la controlul metalografic, controlul tratamentului termic, la cercetarea defectelor în piese etc.

O parte din aparate sînt pur mecanice, iar altele, electronice şi electrice.

Spaţiul limitat al cărţii nu permite prezentarea tuturor aparatelor de laborator electronice şi electrice, şi de aceea se descriu numai cîteva aparate dintre cele mai moderne, care se întîlnesc mai des în dotarea laboratoarelor din industria noastră metalurgică şi constructoare de maşini.

Acestea au fost grupate în : aparate pentru stabilirea compoziţiei, aparate pentru determinarea unor mărimi mecanice pe cale electrică (cu ajutorul traductoarelor tensometrice, capacitive, piezoelectrice etc.) şi aparate pentru încercări de materiale şi piese prin metode nedestructive (raze X şi ultrasunete). Aparatele prezentate în prima grupă stabilesc compoziţia materialelor prin analize spectrale, pe cale termomagnetică sau pe cale magnetică. Se dau principiile de funcţionare, schemele de principiu, indicaţii privind modul de lucru la aparat şi modul de înlăturare a deranjamentelor la o serie de aparate care se întîlnesc frecvent în laboratoarele institutelor noastre, cum ar fi : spectroscopul SL 10 — U.R.S.S., spectroscopul de mînă pentru analiza metalelor cu generator la scîntei, arcul tip SP-3-Varimex — R.P.P., avizometrul tip A-I.I.S. „Automatica" — R.P.R. şi sortatorul de oţel tip 2733/S Orion — R.P.U.

Cealaltă grupă tratează problema traductoarelor electrice, care îşi găsesc o largă utilizare în domeniul controlului şi încercărilor mecanice ale materialelor şi pieselor. Se descrie tensometrul cu fir rezistiv, insistîndu-se mai mult asupra lui, dată fiind importanţa deosebită a acestui fel de încercări, precum şi un aparat pentru controlul suprafeţelor cu traductor capacitiv. În continuare se analizează aparatele pentru încer-

cări mecanice nedestructive, şi anume : aparate de laborator cu raze X (defectoscopul Röntgen tip PD—A Model DRM-200 I.I.S. „Automatica") şi aparate de laborator cu ultrasunete (defectoscopul cu ultrasunete I.I.S. „Automatica").

Capitolul IV se ocupă de aparatele de laborator specifice pentru industria chimică şi petrolieră.

Aparatajul de laborator electronic şi electric folosit în acest scop cuprinde aparatele pentru analize conductometrice, pentru analize potenţiometrice, pentru analize fotocolorimetrice şi pentru analize polarografice.

Se analizează tipurile de aparate utilizate în conductometrie.

Măsurarea conductivităţii se poate face cu ajutorul unor electrozi introduşi în rotaţia respectivă (conductometrie cu electrozi), şi din această primă grupă se descriu : puntea Kohlrausch — I.I.S. „Automatica", conductometrul de laborator — IRME, conductometrul Chirana — R.S.C. şi un salinometru — U.R.S.S.

Tot pentru măsurarea conductivităţii se mai foloseşte o metodă de măsură cu curenţi de înaltă frecvenţă (conductometrie fără electrozi), şi din grupa aceasta se descrie IF-metrul universal ALPI.

În continuare se prezintă o serie de alte aparate de laborator folosite pentru analiza potenţiometrică, fotocolorimetrică şi polarografică.

În cuprinsul capitolului V se descriu aparatele de laborator specifice pentru industria textilă, şi anume : aparatele pentru condiţionarea probelor, aparatele pentru probe fizico-mecanice la fibre, fire şi ţesături, şi aparatele pentru probele chimice de vopsire.

La fel ca şi în celelalte capitole se analizează o serie de aparate ce se întîlnesc în mod curent în laboratoarele industriale.

Se dau : principiul şi domeniul de utilizare, descrierea aparatului, întreţinerea, reglarea, deranjamentele şi înlăturarea lor.

Capitolele VI şi VII se ocupă de aparatele de laborator specifice pentru industria cauciucului şi pentru industria alimentară.

În industria cauciucului se folosesc metode de control şi măsură ce se referă în general la proprietăţile mecanice şi electrice ale cauciucului. Se descriu două aparate întîlnite mai des, şi anume defometrul şi aparatul Martens.

O largă răspîndire o au în industria alimentară aparatele de laborator descrise în capitolele anterioare : cuptoare, etuve, frigidere, umidometre, *p*H-metre, potenţiometre, conductometre, colorimetre etc.

În cadrul capitolului VII se analizează numai aparatele specifice în industria alimentară, şi anume : detectorul şi aparatul pentru determinarea randamentului de drojdie.

Ultimul capitol se ocupă de verificarea şi repararea aparatelor electronice.

Tratarea problemelor din cadrul acestui capitol este utilă şi valabilă pentru toate aparatele de laborator.

Pentru determinarea cauzelor deranjamentului unui aparat electronic de laborator se pot utiliza două metode : fie măsurarea tensiunilor şi a rezistenţelor la punctele uşor accesibile, fie verificarea sistematică în anumite puncte importante ale schemei. Metoda a doua este o metodă logică ce duce la rezultate sigure.

Problemele tratate în această ultimă parte sînt împărţite în şase subcapitole : verificarea şi defecţiunile caracteristice pieselor electronice ; verificarea şi reglarea regimului tuburilor electronice şi a funcţionării etajelor ; verificarea etajelor de alimentare ; repararea aparatelor electronice ; instalarea şi întreţinerea aparatelor electronice ; tehnica securităţii la manipularea aparatelor electronice.

O bibliografie bogată este prezentată la sfîrşitul lucrării. Poate ar fi fost mai indicată repartizarea bibliografiei pe capitole, pentru uşurinţa documentării.

Cartea prezintă un bogat material descriptic şi schematic în bune condiţii grafice, ceea ce facilitează înţelegerea noţiunilor prezentate.

Coordonarea unui număr atît de mare de aparate în vederea alcătuirii unui singur material a necesitat din partea autorilor un efort deosebit, pentru asigurarea caracterului unitar, tratarea echilibrată a diverselor probleme în cadrul fiecărei părţi şi ponderea corespunzătoare a părţilor între ele.

Cu toate aceste greutăţi, autorii s-au achitat bine de această sarcină, reuşind să imprime în mare măsură un stil accesibil lucrării.

Materialul este expus cu claritate, iar numărul mare de scheme ajută la precizarea noţiunilor.

Lucrarea interesează pe tehnicienii şi inginerii care lucrează în laboratoarele uzinale, şi în general pe toţi tehnicienii şi inginerii electrotehnici şi electronişti.

Ing *C. Săulescu*

Maşini electrice speciale. L a d i s l a v ž e n i š e k. Traducere din limba cehă (Editura Tehnică, Buc., 1959).

Răsfoind literatura tehnică de specialitate ne va surprinde numărul mare de dispozitive care s-au considerat drept motoare, generatoare sau redresoare electrice.

Tehnica actuală a simplificat considerabil aceste maşini şi aparate, deoarece cu timpul dezvoltarea maşinilor electrice pentru fiecare fel de curent şi fiecare mărime s-a stabilizat ; s-au creat cîteva tipuri de bază, care în ultimă analiză diferă numai în ce priveşte execuţia, adaptată la condiţiile în care urmează să funcţioneze maşina.

Cauza pentru care în practica maşinilor electrice mari cunoaştem şi folosim numai tipurile de maşini descrise şi studiate pe larg în toate manualele şi în literatura tehnică, rezidă în material şi în tehnologie. Cercetările din domeniul fizicii s-au adoptat pur şi simplu la materialele şi la posibilităţile de fabricaţie existente.

Rolul maşinilor electrice speciale nu este atît de redus cum s-ar părea la prima vedere. Electrificarea în continuă dezvoltare impune construirea unor generatoare şi transformatoare tot mai mari, tot mai puternice ; în acelaşi timp însă, tehnica în plină evoluţie cere mereu motoare şi generatoare cît mai mici pentru acţionarea respectiv alimentarea celor mai felurite dispozitive şi receptoare de energie, pentru nevoi zilnice. Astăzi nu există gospodărie casnică în care să nu fie instalat cel puţin un micromotor sau un transformator. Şi în această situaţie întîlnim fenomenul ciudat că, în timp ce în centralele electrice, în staţiile de transformare şi redresare se economiseşte la maximum energia electrică prin creşterea randamentului maşinilor electrice aproape de 100%, randamentului şi factorului de putere al receptoarelor de energie electrică li se acordă cu atît mai puţină atenţie, cu cît puterea lor este mai mică.

Totuşi, dacă printr-o cercetare statistică s-ar determina variaţia numărului maşinilor electrice în funcţie de puterea lor şi această funcţie s-ar reprezenta în coordonate semilogaritmice, s-ar obţine probabil o curbă Gauss care ar începe cu motoare de tensiuni mici şi s-ar termina cu hidrogeneratoarele din centralele hidroelectrice, vîrful curbei fiind situat la puteri între 200 şi 2 000 W.

Studiind însă pierderile diferitelor grupe de receptoare de energie în funcţie de puterea lor reală şi făcînd o reprezentare într-o diagramă în funcţie de puterea nominală, reiese că pierderile microreceptoarelor de energie sînt de cîteva ori mai mari decît pierderile celor mai mari maşini, ba mai mult, reprezintă chiar partea importantă din puterea absorbită de maşinile electrice.

Electrificarea tot mai amplă, necesară astăzi în toate domeniile activităţii omeneşti, obligă pe constructorii de maşini să construiască maşini electrice de puteri tot mai mici pentru o tensiune care nu scade, dimpotrivă, uneori chiar creşte, deoarece transmiterea puterilor mari se realizează la tensiuni tot mai mari.

La maşinile normale, tipice, proiectantul poate alege tensiunea cea mai convenabilă de la 220 pînă la 10 000 V sau chiar mai mare, însă în domeniul micromaşinilor poate folosi de obicei numai tensiunile de 220 V, în cazul cînd nu introduce un transformator de reducere a tensiunii care însă ar scumpi instalaţia. Această situaţie obligă pe proiectant să construiască maşina cît mai simplu posibil, de obicei să se mulţumească cu simpla realizare că dispozitivul îşi îndeplineşte rolul şi satisface prescripţiile de tehnica securităţii. Faţă de problema izolării, a mersului lin şia preţului, se sacrifică de obicei criteriile randamentului şi factorului de putere,

chiar atunci cînd este vorba de o mașină destinată să funcționeze în regim permanent tot anul (ceasornice electrice etc.).

Autorul acestei cărți și-a propus în primul rînd să reamintească pe scurt mașinile care ar fi putut deveni motoare electrice industriale sau generatoare electrice, dar care și-au întrerupt dezvoltarea pentru că s-au dovedit neeconomice sau pentru că tehnica timpului nu a găsit pentru ele utilizarea corespunzătoare. Unele dintre aceste mașini au fost folosite numai drept motoare sau generatoare pentru cele mai mici utilaje electrice. Autorul a încercat pe alocuri să schițeze cum s-ar putea moderniza și adapta corespunzător tehnicii contemporane aceste mașini, care nu se mai folosesc astăzi.

În al doilea rînd, caută să dea unele indicații cu privire la construcția micromașinilor care prin caracteristicile lor să satisfacă condițiile cele mai severe.

Necesitatea acestei cărți reiese și din faptul că în timp ce despre mașinile electrice tipice există o literatură de specialitate vastă, lucrările despre micromașinile electrice și despre mașinile electrice speciale sînt în general foarte puține și se rezumă mai mult la articole apărute în diferite reviste de specialitate.

Lucrarea respectivă împărțită în opt capitole cuprinde: mașini electrostatice; mașini ciclice de curent continuu; mașini electrice aciclice; mașini sincrone; mașini electrice cu impulsuri; mașini și aparate electrice oscilante; aparate electromagnetice.

În cadrul capitolului întîi se tratează pe scurt despre: producerea sarcinii electrice și mașinile electrostatice care produc sarcini prin frecare; mașini electrostatice care produc sarcini electrice prin influență; mașini electrostatice cu bandă; mașini electrostatice cu praf, fum și dușuri; generatoare parametrice; electrofori și electreți și folosirea fenomenului feroelectric.

Observăm că acest capitol face un istoric al dezvoltării mașinilor electrostatice de la apariția lor pînă în zilele noastre. În paragraful 5, în care se analizează generatoarele parametrice, se dă și un exemplu.

Este vorba de unul dintre generatoarele parametrice pentru curent alternativ cu frecvență de 500—2 000 Hz și puterea de 1—60 kVA la o turație $n = 3\,000$ rot/min pentru alimentarea cuptoarelor de inducție. Ele s-au construit în U.R.S.S. curînd după război, sub conducerea profesorului Papalexi.

În capitolul II intitulat „Mașini ciclice de curent continuu" se analizează mașini cu rotorul în inel; mașini cu un număr mic de crestături și mașini cu construcția specială a anumitor părți. Construcția rotorului în inel este justificată în prezent de faptul că se poate executa un micromotor de curent continuu prevăzut cu astfel de înfășurare, cu dimensiuni practice nelimitat de mici, motor la care se folosește drept colector o parte din înfășurarea de pe care s-a îndepărtat izolația de pe una din fețele laterale ale rotorului. Se dă o reprezentare a unui astfel de micromotor care are o formă de realizare interesantă, caracterizată prin magnetul permanent.

Dacă ne-am propune să proiectăm un micromotor sau un microgenerator de curent continuu, n-am putea să rezolvăm problema niciodată folosind modelele clasice de mașini electrice, cunoscute din practica proiectării.

Dintr-un generator de curent continuu normal, de exemplu de 5 kW, nu putem deduce un generator de curent continuu pentru puterea de 5 W prin simpla reducere liniară a tuturor dimensiunilor. În primul rînd, puterile mașinilor electrice nu sînt funcții liniare ale dimensiunilor, iar în al doilea rînd, am ajunge la construcții nefabricabile (crestături, bobinaje, colectoare). De aceea se recurge la simplificarea construcției mașinii. Alegînd un număr mic de crestături se micșorează și numărul de lamele la colector.

În general, așa cum se arată și în lucrare, micromașinile se fabrică cel mult cu patru crestături în rotor.

Se dă un exemplu de calcul al unei asemenea micromașini ce se fabrică de obicei ca motor-serie.

Capitolul III se ocupă de mașinile electrice și anume: mașini omopolare de c.c.; generatoare sincrone omopolare; arme electrice; mașini omopolare cu rotor lichid.

În general mașinile omopolare se caracterizează prin aceea că tensiunea electromotoare indusă se produce prin variația fluxului magnetic, care nu este o funcție periodică, ci una liniară de timp.

Se dau unele explicații (în figuri) de modul cum se realizează în practică, inducția magnetică omopolară. Apoi se citează o serie de mașini omopolare printre care: mașina lui Lampel, mașina Bolthauser și mașina Poirson.

În cadrul paragrafului 13 se dau unele indicații cu privire la armele electrice. Se supune această problemă unei analize critice sub aspectul fizic.

Capitolul IV se ocupă de mașinile sincrone și cuprinde un material mult mai voluminos.

Se analizează: generatoarele cu autoexcitație; generatoarele magnetoelectrice; generatoarele de impulsuri; motoarele reactive; motoarele autosincrone; motoarele cu histerezis; selsinurile și sincronoscoapele.

La construcția micromașinilor sincrone, indiferent dacă sînt generatoare sau motoare se procedează ca și la mașina de c.c., mergînd pe calea simplificărilor. În primul rînd se înlocuiesc polii inductori cu înfășurări de excitație printr-un magnet permanent sau se introduce pur și simplu rotorul neexcitat, reactiv, mașina excitîndu-se de fapt din rețea. Apoi se simplifică înfășurarea. În proiectare se folosesc doar una sau două bobine concentrate sau o bobină executată pe stator, care de multe ori — prin forma sa — amintește de miezul unui transformator în manta.

Capitolul V se ocupă de mașinile asincrone analizînd: mașini asincrone de construcție specială; motoare monofazate cu fază auxiliară; motoare și generatoare cu curenți turbionari; motoare asincrone cu rotor lichid.

Se amintesc doar tipurile cele mai importante întîlnite, indicîndu-se bibliografia unde se pot găsi detalii privind mașina asincronă cu scheme și construcții speciale pentru scopuri speciale.

În capitolul VI se analizează mașinile electrice cu impulsuri și anume cele cu mișcare de du-te-vino, cu mișcare de rotație și pendulele și balansierele electrice.

Aceste mașini electrice prin impulsuri pot fi clasificate în linii generale în instalații active, care constituie motoare reale, deoarece transformă energia electrică în energie mecanică folosită la acționarea unor mecanisme și instalații pasive în care curentul electric influențează doar mișcarea altor dispozitive.

Din prima fac parte mașinile cu mișcare de du-te-vino, eventual de rotație, iar din a doua categorie de instalații fac parte pendulele electrice și sistemele electrice de oscilare mecanică.

Capitolul VII se ocupă de mașini și aparate electrice oscilante și analizează: ruptoare electrolitice, ruptoare electromecanice; surse electrice de sunete; convertizoare cu vibrație; motoare oscilante cu mișcare de întoarcere; motoare oscilante (cu vibrație) cu mișcare de rotație.

Dintre aparatele electrice oscilante, cele mai cunoscute și mai răspîndite sînt așa numitele vibratoare, adică ruptoarele de curent continuu.

Ruptoarele constau în principiu din două contacte executate de obicei din aliaje speciale de argint sau wolfram, care se închid și se deschid pe cale electromagnetică. Dacă la acționare folosesc curent alternativ, atunci sînt ruptoare sincrone a căror frecvență este dată de frecvența rețelei. În toate celelalte cazuri, cînd frecvența de rupere este dată prin alte condiții fizice, vorbim de ruptoare asincrone. Motoarele cu mișcare de oscilație se execută exclusiv cu motoare sincrone.

Ultimul capitol al lucrării se ocupă de aparate electromagnetice și cuprinde următoarele paragrafe: transformatoare pentru scopuri speciale, bobine de saturație și aplicațiile lor, și bobine de inducție.

Bibliografia este împărțită pe capitole, ceea ce ușurează activitatea de informare și de adîncire a anumitor probleme din lucrare. Cartea este destinată pentru informarea proiectanților de instalații electrice speciale, de microreceptoare de energie, de mașini și aparataj de laborator și tuturor celor care se interesează de dezvoltarea acestor mașini.

Proiectantul care trebuie să rezolve un sistem miniatura de acționare, un microgenerator de energie electrică sau un generator electrostatic de înaltă tensiune, găsește aici aproximativ 300 de idei, iar în literatura menționată la sfîrșitul acestei cărți, într-o bibliografie amplă, indicată în text în paranteze drepte, se pot găsi amănunte cu privire la caracteristici, calcule și aplicații.

Autorul îşi exprimă convingerea că această carte va fi de ajutor proiectanţilor la rezolvarea sarcinilor lor, şi salută orice observaţie prin care s-ar putea îmbunătăţi lucrarea pentru ediţiile viitoare.

Ing. *G. Klein*

CZ 621.3 (075)

Lunze K. şi Wagner E.: **Einführung in die Elektrotechnik. Leitfaden und Aufgaben** (Introducere în electrotehnică. Ghid şi culegere de probleme) Teil I: Elektrische Kreise bei Gleichstrom und das elektrische Feld. VEB Verlag Technik Berlin (R.D.G.), 1961, 216 p., 218 figuri, format 17 × 24 cm.

S-au scris multe introduceri bune în electrotehnică, şi s-ar părea că nu mai este cazul să se încerce o prezentare nouă fără riscul de a reuşi mai puţin decît alţii mai experimentaţi, mai iscusiţi. Adevărul este că noi prezentări sînt oportune, pentru că evoluează nu numai cunoştinţele noastre, dar şi formele de prezentare, de scriere, sistemele de unităţi etc. Prezenta carte — de şcoală — are meritul de a înfăţişa în aceste forme noi o metodă didactică particulară şi deosebit de utilă, mai ales pentru studiul individual. După introduceri concentrate în fondul ralaţiilor fundamentale, şi după explicaţii de amănunt tipărite cu litere mici, urmează, imediat, probleme şi apoi soluţii in extenso. Această dispoziţie invită cititorul să încerce rezolvarea problemelor pe baza relaţiilor fundamentale şi, la nevoie, a explicaţiilor suplimentare, controlîndu-se la nevoie dacă raţionamentul a fost just sau nu.

După un cuvînt înainte, care situează cartea între alte trei manuale concepute de acelaşi colectiv de catedră de la Universitatea tehnică din Dresda, sub conducerea profesorului G. Mierdel, se dau simbolurile literale normate şi regulile de scriere a ecuaţiilor fizice: ecuaţii de mărimi şi de valori, urmate imediat de exemple simple, dar elocvente. Prima parte începe, ca la multe cărţi moderne de „introducere", cu circuitele de curent continuu. Noţiunile fundamentale ale sarcinii curentului se explică pe baza sarcinii elementare a electronilor.

La definiţia tensiunii se adaugă cea a forţei electromotoare. Definirea rezistenţei dă prilej la considerarea rezistenţelor neliniare şi negative.

Metodele de calcul al circuitelor de curent continuu prezentate includ legea superpoziţiei, analiza reţelelor maşate, schemele echivalente şi teoria dipolului.

Dezvoltarea de energie în circuit prilejuieşte calculul bilanţului de puteri şi energii şi transformările de energie, din cea electrică în mecanică, termică, luminoasă, chimică. Deosebit de interesantă este tratarea circuitelor debitului termic în analogie cu circuitele de curent continuu. Exemplele din acest subcapitol sînt de mare utilitate şi actualitate, dat fiind faptul că, pe de o parte, majoritatea maşinilor şi aparatelor se dimensionează pe baza calculului termic, iar pe de alta, fenomenele luminoase şi chimice se pot înţelege mai uşor dacă sînt privite prin prisma transformărilor energetice.

Partea a doua tratează despre cîmpul electric. Cu această ocazie se introduc mărimile şi operaţiile vectoriale. Pe nesimţite, studentul este condus să rezolve probleme grele, dar fundamentale pentru electrotehnică. Tensiunea şi potenţialul sînt definite din nou cu ajutorul intensităţii cîmpului. Paralel cu cîmpul electrostatic se dezvoltă cîmpul curenţilor de conducţie (cel magnetic urmează în alt volum). Exemplele calculate se referă la probleme reale din tehnica tensiunilor înalte, ca dispozitive izolante de diferite forme, electrozi de punere la pămînt, conductoare cilindrice şi tubulare etc. Se dă în apendice un tablou despre analogia cîmpului electric şi al curenţilor de conducţie.

Cartea se încheie cu un index şi nu are bibliografie.

Din punct de vedere didactic, cartea aplică o metodă eficace pentru studiul individual. De aceea, ea poate fi apreciată cel mai bine de către studenţii cursurilor fără scoatere din producţie sau ai cursurilor serale.

Tehnicienii din producţie, ca şi inginerii electrotehnicieni vor găsi în carte numeroase probleme practice simple, tratate aici cu competenţă.

Dr. ing. *A. Avramescu*

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică*

CZ 621.3.015.51

Maitland, A. **O nouă deducere a ecuației străpungerii în vid prin relația dintre tensiunea de străpungere și distanța dintre electrozi.** (New Derivation of the Vacuum Breakdown Equation Relating Breakdown Voltage and Electrode Separation). În: J. Appl. Phys. **32**, 1961, nr. 11, p. 2399—2407, 13 figuri, 1 tabelă, 36 referințe bibliografice.

O analiză a datelor măsurate publicate ale tensiunii de străpungere pentru diferite distanțe între electrozi în cîmpuri uniforme și aproximativ uniforme arată că rezultatele pot fi reprezentate prin ecuația străpungerii $V = C x^{\alpha}$ (V tensiunea minimă de străpungere, x distanța dintre electrozi), și că valorile lui α sînt de ordinul a 0,1 la 1,1, mai des 0,7. Se dezvoltă o teorie care duce atît la o ecuație a străpungerii de aceeași formă, cît și la o expresie generală care justifică seria valorilor lui α. Această expresie a fost verificată experimental pentru distanțe pînă la 0,075 cm. Dezvoltarea se bazează pe postulatul că din catodă se emite un fascicul de electroni, care deviază și bombardează anoda, producînd străpungerea, cînd s-a atins un flux de putere critic. Se arată că factorul C cuprinde fluxul de putere critic și este legat atît de cîmp cît și de distanța dintre electrozi. În sprijinul teoriei, se măsoară razele craterelor produse pe anodă și se arată că sînt în legătură cu raza unui fascicul de electroni la anodă, curentul fiind de ordinul a 10^{-4} A. Valorile fluxului de putere critic obținute din ecuația $V \neq C x^{\alpha}$ și din datele craterului de pe anodă concordă pînă la un factor 1,5 și sînt de ordinul 10^{8} W cm^{-2}.

Pentru explicarea fenomenului observat se propune un sistem de fascicule multiple de electroni.

A. S.

CZ 621.3.015.51

Csernátony Hoffer András. **Străpungerea în spații uniforme și slab neuniforme** (Az atütés honiogen és enyhéri inhomogén térben). În: Elektrotechnika, **54**, nr. 9, 1961, p. 400—411, 10 figuri, 22 formule, 1 tabelă, 10 referințe bibliografice.

Lucrarea constituie prima parte din seria de articole care, începînd cu bazele fizice ale fnomenului de străpungere, examinează în întregime toate problemele pînă la teoria modernă a trăsnetului.

În prima parte, autorul se ocupă de fenomenul fizic al străpungerii, care are loc în spațile mici dintre electrozi, adică în cîmpuri uniforme și slab neuniforme. Se descrie, de asemenea, fenomenul de bază al proceselor primare și secundare și se insistă asupra mecanismului Townsend. Se arată insuficiența teoriei lui Townsend pentru valorile mari ale produsului dintre presiunea mediului și distanța dintre electrozi $p \times d$ (în torr $\times$ cm), după care autorul trece la examinarea mecanismului canalului Raether Meck. În sfîrșit, autorul introduce punctul de vedere actual în cazul domeniului de trecere, adică la $10 > pd > 10^{3}$ (torr $\times$ cm).

În continuare, autorul se ocupă de problema autoîntreținerii procesului descărcărilor și, în mod corespunzător, de criteriile străpungerilor în domeniile Townsend și Raether-Meck.

P. B.

CZ 621.3.042.3

Rassmann, G. **Direcții de dezvoltare a tolelor electrotehnice.** (Entwicklemgsrichtungen von Elektroblechen). În: Elektrie, **15**, 1961, nr. 6, p. 176—181, 15 figuri, 3 referințe bibliografice.

Cercetarea influenței gradului de textură a tolelor de transformator asupra inducției și pierderilor de magnetizare arată că inducțiile mari pot fi atinse numai la un grad de textură de 100%, în timp ce pierderi de magnetizare mai mici la grade de textură mai mici pot fi obținute după o recoacere nfială la temperatură înaltă. Condiția impusă unei benzi izotrope la transformator poate fi realizată la inducțiile mari cerute numai printr-o bandă cu textură slabă. Producerea se poate face prin aceeași tehnologie ca cea utilizată la fabricarea benzii cu textură simplă, dar recoacerea finală trebuie să aibă loc sub temperatura creșterii selective a granulelor, adică la circa 925°C. Mișcarea posibilă a conținutului de Si de la cel de peste 4% la cel circa 3% dă proprietăți mecanice mai bune, care contribuie la cruțarea sculelor de tăiere și ștanțare. La tăierea tolelor se produce o îmbunătățire a calităților magnetice, care poate fi înlăturată printr-o recoacere. Întrucît o recoacere în aer timp de 5—15 min la temperaturi de circa 800°C restabilește calitățile magnetice inițiale, recoacerea poate fi făcută într-un proces continuu.

A.S.

CZ 621.313.322—82.045.32

Gluh, E. M. și alții. **Încercarea sistemului de autoexcitație ionică a unui hidrogenerator puternic** (Ispîtania sistemî ionovo samobazbrojdeniia mșcinovo ghidrogheneratora). În: Vestnik Electropromișlennost, **32**, nr. 11, 1961, p. 4—9, 9 figuri, 2 referințe bibliografice.

Sistemul de excitație ionică are avantaje tehnice și economice în raport cu schema cuprinzînd mașini electrice, ca urmare a vitezei mari de acționare și costului relativ redus.

În articol se dau rezultatele obținute la încercarea practică a unei scheme de autoexcitație ionică a unui hidro-generator puternic.

La început se descrie schema de autoexcitație ionică și principiile sale funcționale, iar apoi se dau parametrii constructivi de bază ai instalației experimentale (hidrogenerator, transformator de redresare, transformator-ridicător, redresorul cu mercur etc.).

Sînt date, de asemenea, încercările efectuate pe elemente separate ale schemei și pe schema în ansamblu, precum și rezultatele experimentale obținute, în cazul mersului în gol, în sarcină și în scurtcircuit. S-a determinat limita de stabilitate a sistemului.

Rezultatele experimentale sînt date sub formă de curbe care exprimă dependența curenților și tensiunilor de timp pentru scurtcircuite monofazice, bifazice și trifazice; valorile au fost obținute pe baza prelucrării oscilogramelor.

Schema experimentată a fost dată în exploatare, unde, timp de 36 zile, a asigurat funcționarea în toate regiunile.

Se ajunge astfel la concluzia că sistemul de autoexcitație ionică cu două grupe de redresoare lucrează mulțumitor, atît în regim normal cît și la avarie. Alegerea acestui sistem de excitație se face comparîndu-l cu celelalte, în condiții concrete de exploatare, funcție de parametrii mașinii, regimul de lucru în sistem al mașinii și așezarea instalației în stație.

P.B.

CZ 621.314. *Transformarea energiei electrice*

CZ 621.314.212. „4.017"

Boduroglu, T. **Prelungirea duratei de viață și sporirea sarcinii admise la transformatoarele mai mari în ulei** În: ETZ-B, **13**, 1961, nr. 16, p. 430—431.

Cele mai multe mașini și transformatoare își încetează serviciul datorită defectelor de izolație provocată — de cele mai multe ori — de către temperaturile prea ridicate. La bobinajele verticale, temperatura maximă este, în spirele de sus, diferită față de cele de jos (în cazul autorăcirii), fiind de circa 30°C la sarcina nominală. Anumiți autori au constatat că, la fiecare creștere a temperaturii cu 8°C, durata de viață se reduce la jumătate.

Articolul de față descrie mijlocul prin care diferitele bobine sînt astfel adaptate condițiilor lor locale de răcire, încît solicitarea termică a întregului bobinaj să fie constantă, mărindu-se astfel durata de viață a transformatoarelor. Experiențele executate de autor la transformatoare cu răcire naturală

au demonstrat că bobina cea mai de jos a stratului exterior de bobinaj poate suporta o sarcină de opt ori mai mare faţă de bobina de sus a aceluiaşi bobinaj exterior. În consecinţă, pentru a se obţine temperaturi egale, secţiunea de cupru a bobinei de jos poate fi redusă de opt ori (faţă de bobina de sus), fără ca prin aceasta să fie întrecută temperatura admisă. Dacă cuprul economisit astfel la bobinele de jos se introduce în cele de sus, adică se repartizează raţional pe întregul bobinaj, temperatura maximă poate fi scăzută, ea repartizîndu-se uniform pe tot bobinajul. În plus, prin faptul că la partea de jos se măreşte diferenţa de temperatură dintre bobinaj şi ulei, se obţine o circulaţie mai avantajoasă a uleiului, care astfel este împins cu o forţă mai mare în sus.

În două diagrame sînt redate curbele de pierderi şi de temperatură, atît pentru variaţia continuă (fină) a secţiunii cuprului, cît şi pentru variaţia în trepte a acestei secţiuni. Se vede din diagrame scăderea temperaturii în întregul bobinaj (executat după noul sistem) şi deci posibilitatea supraîncărcării transformatoarelor. Se constată că la bobinajul tubular chiar bobinajul interior se poate utiliza mai economic, datorită scăderii pierderilor în cupru la bobinajul exterior. Sistemul se poate utiliza ori de cîte ori există o diferenţă între temperatura medie şi cea locală, deci chiar cînd e vorba de o circulaţie artificială a uleiului.

La transformatoarele mari la care primează durata de viaţă, siguranţa în exploatare şi supraîncărcare, nu se va economisi cuprul, ci se va menţine doar principiul de mai sus, anume creşterea secţiunii spirelor, pe măsură ce acestea sînt mai sus.

Gh. C.

CZ 621.314.223.012.8

Suda, I. P. şi Baguş, A. G. **Despre schemele echivalente ale autotransformatoarelor de forţă** (O shemah zamescenia silovîh avtotransformatorov). În: Izvestia vîsşih ucebnîh zavedenia, Elektromehanika, **4**, nr, 10, 1961, p. 15—23, 6 figuri 14 formule, 10 referinţe bibliografice.

Autotransformatoarele mari capătă din ce în ce o mai largă utilizare în instalaţiile electromagnetice şi în paralel trebuie rezolvat modul de considerare al său la calculul electric al sistemului. Spre deosebire de o serie de lucrări, în articolul de faţă se examinează schemele-tip posibile, care să permită calculele electrice complete ale sistemului electric care conţine autotransformatoare.

Autotransformatoarele de putere cu trei înfăşurări pot fi analizate ca şi transformatoarele cu trei înfăşurări (înfăşurarea de joasă tensiune, de medie tensiune şi serie). Aceasta permite obţinerea unei scheme echivalente în stea după care se face determinarea circulaţiei curenţilor. Pentru determinarea valorii parametrilor, sînt necesare încercări de scurtcircuit, din care să rezulte tensiunile de scurcircuit şi pierderile de putere.

În lucrare se stabilesc relaţiile de calcul al rezistenţei, reactanţei şi impedanţei autotransformatorului.

Pe baza schemei echivalente se dau relaţiile de calcul al pierderilor de putere activă şi reactivă în autotransformator, care sînt mult mai simple şi clare din punct de vedere fizic decît cele date în literatură.

Se construieşte de asemenea şi schema echivalentă pentru reţeaua de secvenţă homopolară.

Pe baza consideraţiilor făcute şi a relaţiilor stabilite, se dă un exemplu de calcul complet.

P.B.

CZ 621.314 : 389.6

Schwarzer, M. şi Thater, H. **Standardizarea curenţilor nominali** (Standardisierung von Nennstromen) În: Standardisierung, **7**, 1961, nr. 22, p. 1244—1245.

Standardizarea curenţilor nominali a făcut obiectul unor lucrări încă de la începutul secolului XX. Aceste elaborări aveau la început numai caracterul unor recomandări. Cu ocazia conferinţei organelor de standardizare din septembrie 1960, s-a aprobat o recomandare şi un principiu pentru stabilirea standardelor naţionale, afiliate la publicaţia CEI 59 din 1938. Pe baza lor s-a alcătuit standardul TGL 11 128 din R.D.G. El defineşte: „curentul nominal este curentul după care este dimensionat şi notat un aparat electric şi după care trebuie să îndeplinească condiţiile cerute". Curentul de serviciu al unui aparat trebuie să fie mai mic decît curentul nominal. Pentru anumiţi receptori, de exemplu dispozitive de protecţie, pot fi prevăzuţi şi alţi curenţi, cu condiţia ca receptorul să fie coordonat cu protecţia. Valabilitatea standardului se extinde numai asupra produselor noi. În unele cazuri se poate face aplicarea noilor curenţi nominali chiar la producţia curentă. Standardizarea în acest domeniu va trebui extinsă şi asupra pieselor componente.

A.S.

CZ 621.315. *Materiale izolante*

CZ 621.315.615.2

Krüger, H. **Posibilităţi de prelungire a duratei de utilizare a uleiurilor de transformator** (Möglichkeiten der Verlängerung der Einsatzdauer von Transformatoren ölen). În: Mitt. Inst. Energetik, 1961, **36**, p. 357—363, 11 figuri, 13 referinţe bibliografice.

În alte ţări se utilizează sau se experimentează diferite procedee pentru protecţia încărcăturilor de ulei ale transformatoarelor, pentru a se putea astfel obţine o prelungire a duratei de folosire a uleiului. Se citează ameliorări la vasul de expansiune (de exemplu, etanşare prin membrane flexibile), diferite sisteme pentru protecţia de oxidare a uleiului prin perne de azot, filtre cu termosifon, cu adsorbanţi pentru îndepărtarea produselor de îmbătrînire din ulei, folosirea antioxidanţilor (inhibitori, pasivatori, dezactivatori), precum şi folosirea combinată a filtrelor cu termosifon şi a inhibitorilor. Pe baza rezultatelor favorabile obţinute la cercetarea în laboratoarele Institutului de Energetică din R.D.G. a uleiurilor inhibate, s-au stabilit premise pentru utilizarea practică a acestor uleiuri. Experimentarea celorlalte mijloace de protecţie descrise trebuie făcută în colaborare între producătorii transformatoarelor, întreprinderile pentru distribuirea energiei şi Institutul de Energetică, fiind indicat ca după lămurirea diferitelor posibilităţi să se facă în primă etapă o limitare la cîteva metode de protecţie. Se are în vedere înainte de toate folosirea membranelor flexibile în vasul de expansiune a filtrelor cu termosifon — eventual în combinaţie cu umpluturi de uleiuri inhibate — introducerea protecţiei cu azot rămînînd o măsură de perspectivă

A.S.

CZ 621.315.612.6 : 621.315.62

Schmidt, O. H. **Să se utilizeze izolatoarele de sticlă pentru liniile de transport** (Soll man Glasisolatoren für Starbstromfreileitungen). În: Mitt. Inst. Energetik, 1961, **36**, p. 309—321, 12 figuri, 4 tabele, 20 referinţe bibliografice.

Proprietăţile sticlei răcite (obişnuite) sînt în general mai slabe decît ale porţelanului. Din sticlă răcită pot fi făcute însă izolatoare de joasă tensiune cu proprietăţi suficiente, constatîndu-se pe baza experienţei de exploatare că condiţiile rezistenţei la şoc termic din VDE 0446 sînt chiar prea severe. Între timp au fost introduse şi în prescripţiile VDE condiţii mai uşoare pentru izolatoare de joasă tensiune. Din punct de vedere tehnologic, sticla oferă mari avantaje asupra porţelanului, ceea ce se reflectă cel mai bine în diferenţa de preţ dintre izolatoarele de sticlă şi de porţelan de joasă tensiune. Motivarea unor toleranţe înguste, în special pentru filetul suportului, uşurează montajul cu bucşe de înşurubare din mase plastice, care oferă avantaje (de aici tendinţa fabricanţilor de porţelan ca prin toleranţe mici şi glazurarea găurii suportului să introducă acest montaj şi la izolatoarele de porţelan). De aceea, ar trebui să se dea mai multă atenţie utilizării izolatoarelor de joasă tensiune din sticlă. Baza este crearea unităţilor de producţie proprii suficiente, limitîndu-se astfel dezvoltarea unităţilor de producere a porţelanului, sau eliberînd aceste unităţi pentru scopuri în care porţelanul este superior altor materiale.

Întrucît în prescripţiile germane pentru izolatoarele de înaltă tensiune din sticlă nu există nici dispoziţii uşurătoare, nici perspectiva introducerii lor, se poate renunţa la o discutare a izolatoarelor-suport pentru 10—30 kV din sticlă răcită, cu toate că în R.D.G. se remarcă tendinţa trecerii de la izolatorul-suport predispus la străpungere la izolatorul cu

inimă plină. Izolatorul-capă din sticlă pretensionată are, față de izolatorul-capă de porțelan, următoarele avantaje: rezistență mecanică mai mare, recunoaștere mai ușoară a defectelor, preț de cost mai redus, iar ca dezavantaje: factor de pierderi mai mare (mai ales la temperaturi mai mari), rezistență la arc mai redusă, rezistență chimică și meteorologică mai slabă. În privința rezistenței la șoc termic și la conturnarea electrică (în afară de domeniul temperaturilor mari) sînt echivalente. Pe baza prețului de cost convenabil, există posibilitatea de a se introduce izolatorul de sticlă peste tot unde pînă acum se utilizau de preferință izolatoare-capă din porțelan. În țările care în liniile aeriene peste 110 kV utilizează mai ales izolatoare-bară, revenirea la izolatorul-capă apare puțin probabilă. În R.D.G., izolatoarele-bară sînt mai ieftine decît izolatoarele-capă din porțelan și chiar din sticlă pretensionată. Izolatorul-capă din sticlă nu pare să ofere avantaje atît de mari în exploatare încît să justifice prețul mai mare față de izolatorul-bară. Fabricarea izolatoarelor-capă din sticlă pretensionată este posibilă în R.D.G., dar nu în unitățile de fabricație existente. Construirea unor noi unități de producție pentru izolatoarele-capă din sticlă pretensionată nu pare justificată, după cum arată cercetările și studiile. Este important să se urmărească evoluția izolatoarelor de sticlă pretensionată în străinătate, iar pentru experimentări să se importe cantitățile necesare.

A.S.

CZ 621.315.616.96.015.532 : 621.315.2

Perfiletov, A. N. **Ionizarea incluziunilor de aer în izolația de polietilenă a cablurilor de înaltă tensiune** (Ionizația voz dușnih velincenii v polietilenovoi izolații vîscovoltnîh cabelei). În: Vestnik Elektropromîșlennost, **32**, 1961, nr. 11, p. 67—71, 10 figuri, 8 referințe bibliografice.

Pentru cablurile și aparatele de înaltă tensiune, se utilizează, pe scară foarte largă, izolație din polietilenă sau alte materiale plastice.

În tehnologia de fabricație apar totuși în masa izolantă incluziuni de aer în care, datorită intensității cîmpului local, se produce ionizare sau chiar străpungere, fapt care poate duce la distrugerea izolației în ansamblul său.

În lucrare se dă expresia cîmpului electric în incluziunea de aer, funcție de caracteristicile geometrice și electrice ale acesteia, precum și ale materialului. Pentru verificarea formulelor și a mărimii cîmpului în incluziune, a fost efectuată o serie de măsurători asupra valorii intensității de începere a ionizării la incluziuni de diferite forme, din probe de polietilenă făcute sub formă de plăci.

Pentru reducerea descărcărilor corona la electrozii de măsură tot ansamblul s-a introdus în ulei. Măsurătoarea se face pe baza unei scheme în puncte, în care obiectul de încercat constituie una din laturi, iar detecția ionizării este posibilă prin folosirea unui osciloscraf sau a unor instrumente de măsură sensibile.

Un interes deosebit se acordă dependenței ionizării de timpul de aplicare a tensiunii: ionizarea scade cu durata aplicării tensiunii, ca urmare a corodării pereților incluziunii care duce la mărirea conductibilității și deci a scăderii cîmpului electric în incluziune. Această variație are loc în timp.

S-au efectuat, de asemenea, încercări pe probe de cablu, după aceeași metodă; rezultatele obținute sînt prezentate sub formă de diagrame. Determinarea de timp a ionizării permite aprecierea duratei materialului.

După părerea autorului, criteriul mai reprezentativ pentru determinarea duratei materialului este viteza de variație a gradului de ionizare. Viteza de variație a ionizării este o funcție de valoare a tensiunii aplicate și este prezentată în lucrare pentru un anumit caz particular.

P.B.

CZ 621.316. *Întreruptoare*

CZ 621.316.57.064.34

Kuzneţov, P. V. **Mărirea puterii-limită de deconectare a întreruptornlui de tipul M.K.P.-160** (Uvelicenie predelno ot kliuciaemoi moscinoşti vikliuciatelia tipa M.K.P-160). În: El. Stanții, **32**, nr. 11, 1961, p. 56 — 60, 4 figuri 3, tabele, 3 referințe bibliografice.

Întreruptoarele M.K.P.-160 sînt foarte răspîndite în rețele de 110 kV, dar, ca urmare a creșterii puterii de scurtcircuit din sistem, capacitatea lor de rupere s-a dovedit insuficientă. Ca urmare, a devenit necesară analizarea posibilității de mărire a limitei capacității de rupere a acestor întreruptoare, ceea ce constituie de fapt obiectul articolului. Ca o cale de mărire a capacității de rupere, autorul a prelucrat o nouă cameră de stingere cu caracteristici îmbunătățite. În principal, camera are pe lîngă canalul axial încă două canale perpendiculare între ele și pe primul, care asigură astfel o răcire bună și o creștere rapidă a rigidității dielectrice. Se prezintă în articol descrierea construcției camerei de stingere, modul de asamblare a ei la întreruptor, precum și modul de funcționare, care asigură o stingere rapidă și o mărire a capacității de rupere. După experimentarea în laborator, s-au efectuat încercări experimentale direct în rețea (42 încercări, din care 15 la un curent de 15 kA). Rezultatele obținute sînt prezentate în trei tabele: primul pentru declanșările curentului-limită, al doilea pentru deconectarea curenților inductivi, iar al treilea pentru cazul deconectării sarcinilor capacitive (curentul de încărcare al liniei în gol). Încercările experimentale au dovedit posibilitatea măririi puterii-limită de deconectare la 4 000 MVA (curentul de deconectare 21 kA), pe calea utilizări noului tip de cameră de stingere propus. Înlocuirea se poate face în timpul reparațiilor capitale planificate, costul operației reprezentînd doar 15% față de soluția înlocuirii întreruptorului.

Camera de stingere poate fi confecționată în atelierele regionale, iar realizarea părții inferioare prin presare duce la ieftinirea construcției generale.

P.B.

CZ 621.316.99

Berger, K. **Considerații fundamentale privitoare la revizuirea prescripțiilor, relativ la punerea la pămînt a instalațiilor de înaltă tensiune.** În: Bull. ASE **52**, 1961, nr. 9, p. 337—345.

După ce se descriu cîteva fenomene perturbatoare care sînt la baza dimensionării punerii la pămînt a instalațiilor de înaltă tensiune, se prezintă limitele curenților alternativi și de impuls, nepericuloși pentru personal, valori comparate cu tensiuni și curenți rezultați din defecte de izolație. Analiza diferitelor situații conduce pe autor la unele concluzii interesante din punct de vedere al realizării unei protecții sigure și nepericuloase. Astfel:

— la o instalație de înaltă tensiune ce cuprinde unul sau mai multe sisteme de înaltă tensiune, se stabilește doar un singur pămînt comun la care se vor lega toate barele pămîntului de protecție, construcția, armăturile din beton, conductele de apă, extremitățile înfășurărilor de înaltă tensiune puse la pămînt;

— punctele neutre ale transformatoarelor de joasă tensiune, ca și cămășile cablurilor de joasă tensiune pentru alimentarea rețelelor locale din afara complexului de înaltă tensiune, trebuie legate la un pămînt separat pentru joasă tensiune, dispus în afara regiunii instalației de înaltă tensiune. Izolația acesteia față de pămîntul de înaltă tensiune trebuie să fie pentru cel puțin 10 kV;

— instalațiile de curenți slabi care ies din zona unui pămînt al instalației de înaltă tensiune trebuie izolate pentru o tensiune de 10 kV, în tot complexul de înaltă tensiune, și separate de acest pămînt, în exterior, printr-un transformator de protecție;

— conductele de apă în tuburi metalice situate în zona instalației de înaltă tensiune trebuie separate de conductele exterioare printr-un tronson izolant dipus în marginea instalației de înaltă tensiune, dacă aceste conducte pot atinge tensiuni mari. Dacă există o rețea de distribuție foarte densă (cazul marilor orașe), se admite racordarea pămîntului instalației de înaltă tensiune, ca și pămîntul separat de joasă tensiune, la această rețea.

Fl. T

CZ 621.317 *Măsuri electrice*

CZ 621.317.1 : 621.314.22.08

Pörs, H., Wilfling, W. **Introducerea noilor metode de măsură la încercarea reductoarelor** (Einführung neuer MeBmethoden beider Wandlerprüfung) În: Elektrie, **15**, 1961, nr. 6, sup. Elektrofertigung, p. 41—44, 11 figuri.

Dintre noile metode de măsură profilactice, măsurarea lui tg $\delta = f(U)$ poate fi folosită la reductoarele de măsură. Prin măsurarea lui tg $\delta = f(U)$ înainte de încercarea înfășurării se obține același rezultat ca și la măsurarea lui tg $\delta = f(t)$. În afară de aceasta este posibil să se execute măsurarea coeficientului de absorbție R_{60}/R_{15}, atît la încercarea de tip, cît și la supravegherea procesului de uscare. Măsurarea nivelului de perturbare în înaltă frecvență poate fi făcută după Koske la 1,15 U_{nom}. Măsurarea lui tg $\delta = f(t)$ în formă directă, măsurarea nivelului de perturbație în înaltă frecvență, în funcție de timp, precum și măsurarea coeficientului de absorbție C_2/C_{50} nu sînt aplicabile reductoarelor de măsură.

A.S.

621—54 : 621.372.001.2

Kocin, S. A. și Melnicova, O. S. **Determinarea funcțiilor de transfer ale elementelor după caracteristica de frecvență** (Opredelenie peredatacinîh funkții elementov po ciastotnîm harakteristikam). În: Izvestia vîsșih ucebnîh zavedenie: Elektromehanika, **4**, nr. 10, 1961, p. 72 — 81, 4 figuri, 16 formule, 4 referințe bibliografice 3 anexe de calcul.

La calculul sistemelor de autoreglare, de multe ori se determină forma funcțiilor de transfer ale unui șir de elemente. De obicei, această problemă se rezolvă pe cale analitică, dacă există posibilitatea de a prezenta clar fenomenul care are loc în element, și se poate fundamenta eliminarea unor parametri neînsemnați.

De asemenea, există posibilitatea de determinare a formei funcției de transfer după caracteristica de frecvență ridicată pe cale experimentală. Autorul propune în lucrare o metodă de determinare a funcției de transfer (a structurii elementului necunoscut) în mai multe cazuri, cînd realizarea ei este mai simplă decît a altor metode întîlnite în literatură. Prin utilizarea metodelor întîlnite în literatură, se determină structura elementului și constantele sale.

Metoda constă în principiu din următoarele: se ridică la început caracteristica de frecvență și simultan la toate elementele, conectînd și elementul necunoscut în sistemul de reglare închis privind circuitul în regimul de lucru, care este suficient de apropiat de cel în exploatare, după care se scrie funcția de transfer a elementului necunoscut, ca raportul a două polinoame.

Făcînd o serie de precizări, autorul ajunge la limitarea necunoscutelor și la determinarea gradului polinoamelor care intră în expresia funcției de transfer. Comparația valorilor experimentale se face pe baza transferării funcției operaționale de transfer în expresia în care se pun în evidență caracteristicile amplitudine și fază, funcție de frecvență. În lucrare se analizează anumite cazuri particulare, funcție de gradul și semnul polinoamelor funcțiilor de transfer, cazuri care au o valabilitate practică. Concluziile la care se ajunge la fiecare caz în parte sînt demonstrate în cele trei anexe, precum și în text.

P.B.

CZ 621.319. *Condensatoare*

CZ 621.319.4 : 621.315.614.6

Boyer, P. **Condensatoare cu hîrtie impregnată cu dielectrici clorați, stabilizate cu antrachinonă.** În: Bull. ASE, **52**, 1961, nr. 20, p. 801—804.

După ce se descrie mecanismul degradării electrochimice a uleiurilor în condensatoarele supuse la o tensiune continuă, se trec în revistă avantajele și dezavantajele procedeelor de stabilizare rezultate din numeroasele cercetări ale autorului în domeniul condensatoarelor cu hîrtie impregnată cu dielectrici clorați, stabilizați sau nu, solicitați, la tensiune continuă sau alternativă. Astfel, introducerea în dielectric a unor materiale avide de hidrogen — antrachinonă și derivatele ei, diferiți compuși nitrici și benzenoaromatici — permite frînarea mecanismului de avarie electrochimică, chiar în faza inițială. Aceste substanțe — denumite în mod curent stabilizatori — exercită o influență sensibilă asupra condensatoarelor cu hîrtie impregnată cu dielectrici clorați. Compararea duratei de viață medie a condensatoarelor cu hîrtie de aceeași construcție, dar impregnată cu ulei mineral, cu ulei clorat normal și stabilizat, arată o scădere a proprietăților de stabilizare a antrachinonei cînd încercarea se prelungește. Concluzia autorului este că o impregnare efectuată în cele mai bune condiții este preferabilă oricărei introduceri de stabilizatori sau inhibitori, oricare ar fi ei; în cazuri speciale, introducerea lor trebuie făcută cu toate precauțiile. Construirea condensatoarelor din hîrtie impregnată cu dielectrici clorați capabili de a realiza performanțe la fel de bune, atît în c.a., cît și c.c., este delicată. Pentru aceasta, autorul propune efectuarea unor măsurători de tg δ, capacitate, rezistență de izolație, și indică rezolvarea unor probleme de alegere a dielectricului.

Fl. T.

CZ 621.319.2 : 621.313.333

Greenwod, P. B. **Condensatoare pentru motoare asincrone** (Capacitors for a. c. motors). În: Electrical Times, **140**, 1961, nr. 18, p. 637—639.

Scopul acestui articol este de a scoate în evidență factorii care determină alegerea condensatorului de pornire a motoarelor monofazate cu fază auxiliară defazată prin condensator și raportul spirelor între bobinajul principal și cel auxiliar, cu care să se obțină o performanță satisfăcătoare a condensatorului. Se descriu condensatoarele electrolitice pentru curent alternativ și performanțele celor construite special pentru motoare. Se arată influența tensiunii de alimentare la alegerea condensatoarelor.

A.H.

Cronică

Expoziția industrială cehoslovacă

Între 3 și 27 mai a.c. a fost organizată în Capitală cea de-a a doua Expoziție industrială cehoslovacă.

În pavilionul de pe malul lacului Herăstrău din Parcul de cultură și odihnă, unde a fost amenajată expoziția, pe o suprafață totală de 3 810 m² din care 900 m² au format o suprafață în aer liber, au expus 17 întreprinderi cehoslovace pentru comerț exterior.

În spațiul central al pavilionului la parter (fig. 1) au fost expuse produsele întreprinderilor constructoare de mașini din R. S. Cehoslovacă pentru comerțul exterior și anume: KOVO, PZO, MOTOKOV, STROJEXPORT, STROJIMPORT și TECHNOEXPORT.

Celelalte întreprinderi cehoslovace pentru comerțul exterior ca: ARTIA, CENTROTEX, CERAMICA, SKLOEXPORT, CHEMAPOL, JABLONEX, KOOSPOL, LIGNA, OMNIA, OMNIPOL, PRAGOEXPORT și UNICOOP și-au expus produsele în cealaltă parte a expoziției.

Cu toată mărimea sălii expoziției, ea n-a putut cuprinde toate exponatele pe care le-a expus R. S. Cehoslovacă la București. O parte din utilaje și mașini prin însăși caracteristica lor constructivă și-au găsit mai curînd locul de amplasare în afara sălii. Această parte a expoziției a cuprins utilaje și mașini pentru agricultură, construcții și transporturi.

După cinci ani de la organizarea primei expoziții industriale la București, Republica Socialistă Cehoslovacă a prezentat produse care au oglindit înaltul nivel de dezvoltare a producției industriale și a tuturor sectoarelor economiei naționale.

Sortimentul exponatelor a fost de o mare varietate: cărți și reviste în limbi străine, produse din sticlă și porțelan, textile și chimicale, produse fine ale industriei constructoare de mașini, automobile, autocamioane, mașini-unelte semiautomate și automate, motoare Diesel, modele de turbine cu abur etc. Industria constructoare de mașini reprezintă astăzi circa o treime din producția totală industrială și pînă în 1965 va crește la circa 40%. În privința exportului de mașini-unelte prin întreprinderea Strojimport, R.S. Cehoslovacă a depășit o serie de țări cu tradiție ca Marea Britanie și R.F. Germană. Numărul tipurilor de mașini-unelte exportate se ridică la peste 400, fiind trimise în 74 de țări.

Fig. 1. Vedere de ansamblu a Expoziției industriale cehoslovace.

Intreprinderea pentru comerț exterior Kovo are însă programul de export cel mai amplu din toate întreprinderile

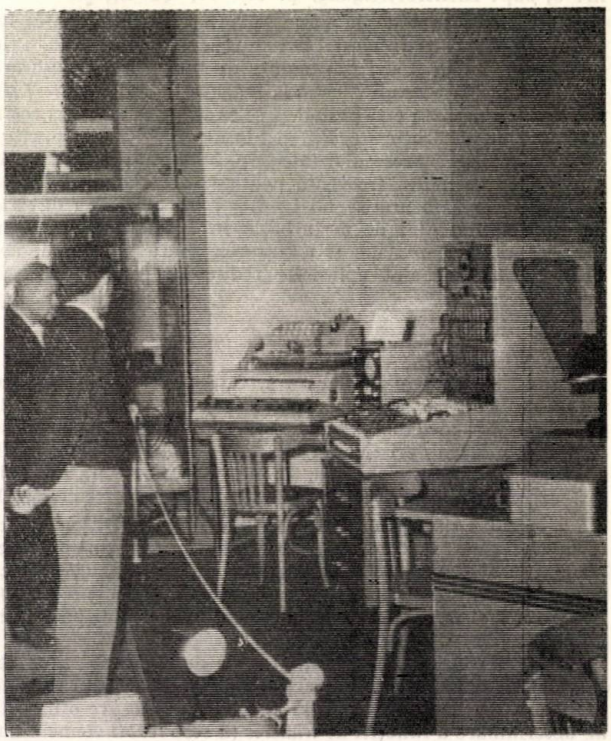


Fig. 2. Numărătorul analogic MEDA.

cehoslovace. Ea exportă produsele industriei constructoare de mașini de precizie și cele din domeniile apropiate. Dintre produsele expuse au reținut atenția: radioreceptoare de interior sau portabile, televizoare, instrumente de măsură, microscoape, aparate fotografice, aparate și instrumente medicale, și alte diferite aparate moderne și potențiometre de precizie cu spirală ARIPOT, pentru construcția calculatoarelor, aparatelor de măsură și control:

— înregistratorul coordonat BAK ce poate fi folosit și la diferite instalații de măsurat;

— numărătorul analogic MEDA pentru rezolvarea ecuațiilor diferențiale pînă la ordinul 10, folosit pentru calcule tehnice și analogice (fig. 2);

— mașina de perforat alfanumerică „Aritma" T-150;

— mașina de verificat alfanumerică „Aritma" T-610;

— mașina de sortat electronică „Aritma" T-220, care oferă posibilitatea a 60 000 treceri pe oră, cu tablou de conexiuni, și care sortează datele cifrice și alfabetice;

— mașina de calculat „Aritma" T-520;

— mașina de perforat numerică „Aritma" T-140;

— mașina de verificat numerică „Aritma"

— mașina de tabelat numerică „Aritma" T-300;

— mașina de reprodus „Aritma" T-710, cu dispozitiv special de corectare;

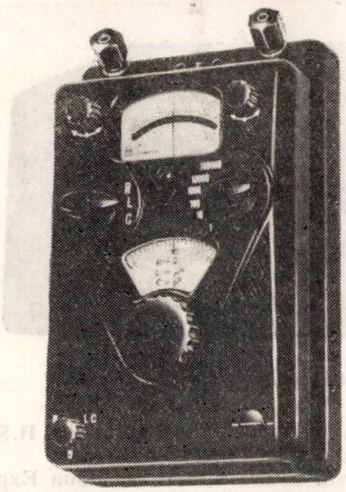
— mașina de împerechiat și duplicat „Aritma" T-720;

— perforatorul de bandă „Aritma" T-022;
— interpretatorul de bandă perforată „Aritma" T-020.

Dintre produsele expuse de către întreprinderile TESLA și METRA se pot enumera :

realizează o bună calitate de redare a sunetului în instalațiile comerciale și în instalațiile de radio și televiziune.

Amplificatoarele de joasă frecvență TESLA sînt produse și livrate în două tipuri cu o formă exterioară diferită.



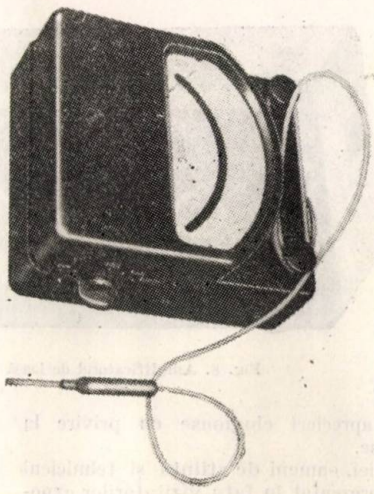


Fig. 3, 4, 5, 6. Diferite tipuri de aparate electronice de măsură „Tesla".

— piese radiotehnice : condensatoare electrolitice, condensatoare cu hîrtie, cu mică, ceramice, din material plastic, potențiometre, difuzoare etc. ;
— o gamă variată de tuburi electronice ;
— tuburi catodice pentru televiziune ;
— celule fotoelectrice și semiconductoare ;
— aparate electrice de măsură : generatoare, amplificatoare, oscilografe, voltmetre, milivoltmetre selective, ampermetre, megohmetre, galvanometre, avohmetre, distorsiometre stroboscopice, aparate de măsură a impedanțelor, stabilizatoare de tensiune etc.

În figura 7 se pot vedea diferite tipuri de difuzoare TESLA. Construcția lor variată permite o întrebuințare multiplă la radioreceptoare și televizoare, în panouri sonore etc.

Difuzoarele sînt construite în formă rotundă sau eliptică.

În afara difuzoarelor tipizate se construiesc și difuzoare tip miniatură pentru întrebuințări speciale, difuzoare electrodinamice etc. Printr-o combinare judicioasă a tipurilor se

În figura 8 se poate vedea un asemenea tip de amplificator care a fost realizat în vederea unei redări de înaltă calitate a sunetului. Deosebirea dintre acest tip și cel de-al doilea rezidă doar în capacitatea etajului final.

*

Expoziția a prezentat un interes deosebit pentru inginerii și tehnicienii noștri, permițînd acestora să examineze pe lîngă o serie de aparate cunoscute, unele tipuri de aparate perfecționate, în raport cu modelele anterioare, precum și multe modele noi. O parte din acestea reprezintă soluții originale la care specialiștii din R.S.C. au ajuns după studii și cercetări minuțioase. Caracteristica comună însă a tuturor produselor prezentate a fost execuția lor foarte îngrijită.

Prin prezentarea produselor sale în cadrul acestei expoziții industria cehoslovacă a acordat un real sprijin tehnicienilor, inginerilor și proiectanților din fabrici, întreprinderi și institute de proiectare sau cercetări.

Expoziția a fost vizitată și de către conducătorii de partid și de stat în frunte cu tovarășul Gheorghe Gheorghiu-Dej, care s-au întreținut într-o atmosferă prietenească cu reprezentanții R.S.C., făcînd aprecieri elogioase cu privire la calitatea produselor expuse.

Pe toată durata expoziției, oameni de știință și tehnicieni din R.S. Cehoslovacă au prezentat în fața vizitatorilor exponatele, au arătat cum funcționează, care sînt posibilitățile lor, performanțele obținute cu diferite mașini și aparate, calitatea superioară de fabricație a acestora și utilitatea lor pentru producție. Cu viu interes vizitatorii au analizat conferințele ținute de specialiști din R.S. Cehoslovacă în cadrul acestei expoziții.

Prin natura ei, cea de-a doua Expoziție industrială cehoslovacă de la București a contribuit la strîngerea relațiilor economice dintre poporul romîn și poporul cehoslovac.

M. Gîrzu

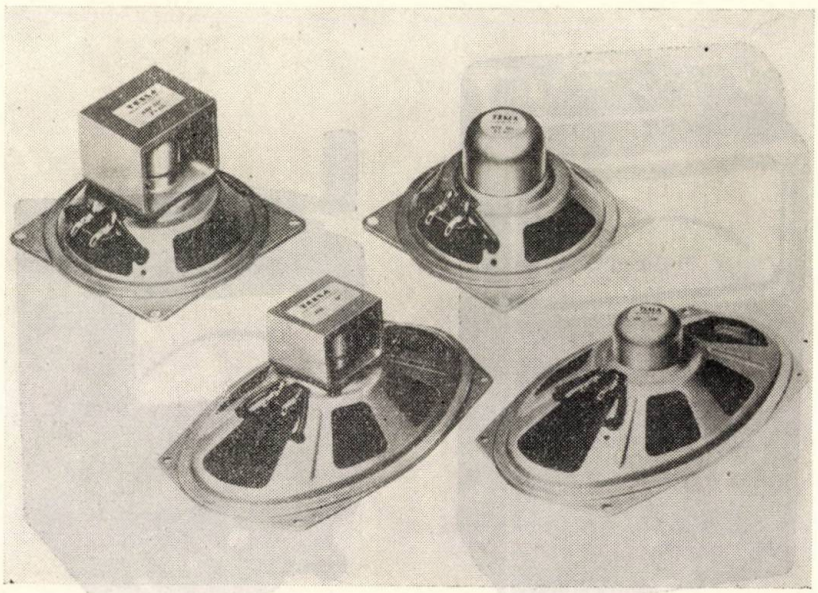


Fig. 7. Diferite tipuri de difuzoare „Tesla".

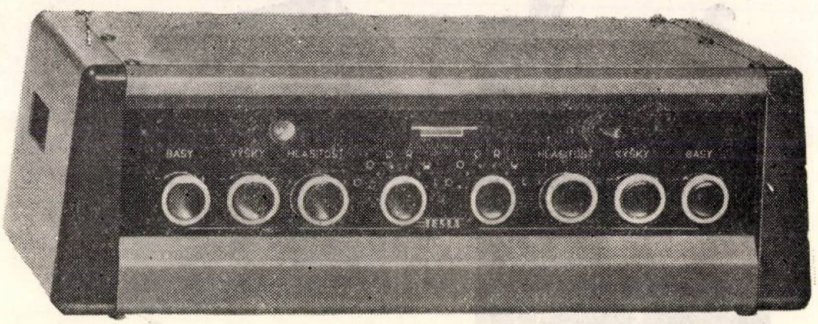


Fig. 8. Amplificatorul de joasă frecvență tip AZK–101 „Tesla".

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ȘT. GROSU conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

SOMMAIRE

CD 621.385.83.042.12

Bunea V., Iliescu C., Haltrich S., Leibovici I. : **La technologie du circuit magnétique du bétatron de l'Institut de Physique Atomique de l'Academie de la R.P.R.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 245–249

Durant la construction du circuit magnétique du bétatron de l'I.P.A., on a résolu une série de problèmes spécifiques concernant l'assemblage et la solidarisation des noyaux à symétrie cylindrique, la précision d'exécution de la géométrie de l'entrefer, l'uniformisation des caractéristiques magnétiques, la réalisation d'une bonne isolation électrique. On a mis au point certains procédés technologiques spéciaux.

CD 621.313.362.045.32

Corlăţeanu V., Bergman I. : **L'auto-excitation des machines triphasiques à collecteur. Considérations théoriques.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 250–256

L'article, qui comprend deux parties, traite d'abord du point de vue théorique de l'auto-excitation des machines prizhasiques à collecteur alimentées par stator.

On déduit les conditions d'auto-excitation pour le cas général et l'on donne les expressions de la fréquence des courants d'auto-excitation dans tous les cas. Pour finir, on fait des observations sur l'auto-excitation des compensateurs de phase.

CD 621.316.923.3.001.57

Barbu I. : **Construction et technologie de la série unitaire de patrons fusibles rapides à filet de basse tension de 6–100 A.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 256–265

On décrit la construction, la technologie et les performances des patrons fusibles rapides à filet de basse tension pour des courants nominaux de 6–100 A, elaborées à l'Institut de Recherches électrotechniques. On donne les caractéristiques de fusion, du courant fonction de temps pour surintensités et courant de court-circuit entre 500 A et 26 000 A . On donne également les caractéristiques de limitation du courant pour les mêmes valeurs de courant.

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD. 621.314.2.001.24

Cupşa A. : **Contributions au calcul des transformateurs monophasiques de petite puissance** ($S < 500$ VA)

Electrotehnica 10 (1962) 7, 266–273

On montre quelques caractéristiques des transformateurs de petite puissance, de mois de 500 VA, après quoi l'on décrit une méthode de calcul beaucoup plus simple que les méthodes connues. Elle est développée en se basant sur des courbes expérimentales qui donnent la chute de tension en charge comme fonction de la puissance intérieure du transformateur. En dépit de ces simplifications, les résultats théoriques sont vérifiés dans la pratique.

COMPTES-RENDUS 274–277

EXPOSES 278–281

CHRONIQUE 282–284

CONTENTS

DC 621.385.83.042.12

Bunea V., Iliescu C., Hallrich S., Leibovici I. : **The magnetic circuit technology of the betatron of the Atomic Physics Institute of the Rumanian People's Republic Academy.**

Electrotehnica, 10 (1962) 7, 245—249

Among the specific problems solved during the building of the I.F.A. betatron were these concerning the assembling and solidarization of the cores with cylindrical geometry, the execution accuracy of the geometry of the air gap, the uniformization of the magnetic characteristics, the achievement of a good electric isolation. Some special technological procedures have been developed.

DC 621.313.362.045.30

Corlăţeanu V., Bergman I. : **Self excitation of three phase machines with commutator. Theoretical considerations.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 250—256

This paper involving two parts, firstly discusses the theoretical aspects concerning the self-excitation of three phase machines with commutator fed through the stator.

The self-excitation conditions are deduced for the general case and the expressions of the frequency of self-excitation currents given for all case. Some observations are made in conclusion concerning the self-excitation of phase advancers.

DC 621.316.923.3.001.57

Barbu I. : **The construction and technology of the unitary series of rapid fusible cut-outs with low tension 6—100 A. thread.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 256—265

A description of the building, technology and performances of rapid fusible cut-outs with low tension thread for nominal currents of 6—100 A., elaborated at the Electrotechnical Research Institute.

The fusion and current characteristics depending on time for excess and short-circuit currents comprised between 500 A_{ef} and 26 000 A_{ef} are given as well as the current limitation characteristics for the same current values.

FOR THE YOUNG ENGINEER

D.C. 621.314.2.001.24

Cupşa A. : **A contribution to the calculus of low power ($S < 500$ VA) mono-phase transformers.**

Electrotehnica 10 (1962) 7, 266—273

After pointing out some characteristics of low power transformers (less than 500 VA) the author describes some computation methods much easier to use than the previons ones. This method is based on several experimental curves giving the load voltage drop depending on the internal power of the transformer. The theoretical results agree with practical observations.

REVIEWS 274—277
REPORTS 278—281
CHRONICLE 282—284

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313 MAȘINI ELECTRICE

CZ 621.313.126 : 621,313,322

LEDR, Z.

Excitația generatoarelor sincrone de puteri mari (Buzeni velkých synchronnich alternatorú). În: Elektrotechnický obzor, **50**, nr. 10, octombrie, 1961, p. 594—598, 7 figuri.

CZ 621.313.2.049.26

OSNOVICI, L. D.

Alegerea dimensiunilor optime ale discului în mașinile de curent continuu cu bobinaje imprimate (Vibor optimalnih razmerov diska v mașinah postoiannovo toka s peccatnimi obmotkami). În: Izvestia vîsșih ucebnîh zavedenii, Elektromehanika, **4**, nr. 6, iunie, 1961, p. 63—66, 2 figuri, 2 referințe bibliografice.

CZ 621.313.33

TIHONOV, V. V. ș. a.

Încălzirea motoarelor asincrone la funcționarea într-un regim de scurtă durată (Nagrev asinhronîh dvigateli pri vesima kratkovremenîh rejimah raboti. În: Vestnik elektropromîșlennost, **32**, nr. 11, noiembrie, 1961, p. 22—25, 3 figuri, 3 referințe bibliografice.

CZ 621.313.333

KOPÎLOV, I. P. ș. a.

Motor asincron cu premagnetizare (Peversivnîh asinhronîh dvigateli s podmagnicivaniem). În: Vestnik elektropromîșlennost, **32**, nr. 11, noiembrie, 1961, p. 14—17, 10 figuri, 2 referințe bibliografice.

CZ 621.314.2 TRANSFORMATOARE

CZ 621.314.21

VOCHOC, V.

Starea actuală și căile de dezvoltare în construcția transformatoarelor (Dnešni stav a smer vyvoje transformátorú). În: Elektrotechnický obzor, **50**, nr. 11, noiembrie, 1961, p. 606—609, 7 referințe bibliografice.

CZ 621.314.21.014.32

* * *

Contribuție la modelarea forțelor de scurtcircuit ale transformatoarelor (Prispevek k modelování skratovych sil transformátorú). În: Elektrotechnický obzor, **50**, nr. 6, iunie, 1961, p. 317—319, 2 figuri, 1 tabelă, 2 referințe bibliografice.

CZ 621.314.21.027.3

SKÁLA, M.

Probleme de proiectare a transformatoarelor de forță de înaltă tensiune, din punct de vedere al siguranței și funcționării lor economice (Problemy pri navrhu transformátorú vvn, z hlediska spolehlivosti a hospodarnosti provozu). În Elektrotechnický obzor, **50**, nr. 11, noiembrie, 1961, p. 609—615, 8 figuri, 5 referințe bibliografice.

CZ 621.314.21 : 621.316.933

GERT, R. ș. a.

Protecția transformatoarelor de înaltă tensiune contra supratensiunilor (Ochrana transformátorú vvn před přepětim). În: Elektrotechnický obzor, **50**, nr. 11, noiembrie, 1961, p. 639—650, 16 figuri, 19 referințe bibliografice.

CZ 621.314.21 : 621.317.333.8

KOPECEK, J.

Fenomenele care apar datorită impulsurilor de supratensiune în înfășurările transformatoarelor cu derivații (Poměry při rázovém napětí u vinuti transformátorú solbočkami). În Elektrotechnický obzor, **50**, nr. 11, noiembrie, 1961, p. 615—618, 8 figuri, 1 referință bibliografică.

CZ 621.314.222.048.01 : 621.7

SICHA, J.

Utilizarea transformatoarelor uscate în instalații industriale (Verwendung von Trockentransformatoren in industrieanlagen). În: Elektrie, **15**, nr. 6, iunie, 1961, p. 187—191, 5 figuri, 2 tabele.

CZ 621.314.222.6.71.

CERRETELLI, B.

Studiul comparativ al răcirii termodinamice cu aer a transformatoarelor de mare putere cu circulație de ulei forțată (Studio comparativo sul raffreddamento termodinamico mediante aria di grandi transformatori a circolazione forzato d'olio). În : Elettrotecnica, **48**, nr. 5, mai, 1961, p. 325—330, 5 tabele.

CZ 621.314.222.8.001.4 : 621.314.224

PÖRS, H. și WILFLING, W.

Introducerea unor metode de măsurare pentru încercarea transformatoarelor de măsurat (Einführung neuer Messmethoden bei der Wandlerprüfung). În : Elektrie, **15**, nr. 6, iunie, 1961, p. 41—44, 11 figuri.

CZ 621.314.5 : 621.382.3

POIUROVSKI, M. F.

Calculul convertizoarelor de curent continuu echipate cu tranzistoare cu stabilizare magnetică (Rascit preobrazovatelei postoiannovo napreajniia na poluporovodnikovîh triodah s magninoi stabilizatii). În : Izvestia vîsșih ucebnîh zavedenii, Priborostroeni, **4**, nr. 3, martie, 1961, p. 3—10, 4 figuri, 5 referințe bibliografice.

CZ 621.314.632 : 621—83

BORISOV, V. A.

Acționarea electrică de curent continuu cu redresoare de forță cu semiconductoare și cu variație continuă a tensiunii (Elektroprivod postoianovo toka s silovîmi poluprobodnikovîmi vîpriamiteliami i stupenciatîm izmeneniem napriajenia). În : Vestnik elektropromîșlennost, **32**, nr. 7, iulie, 1961, p. 45—48, 3 figuri, 4 referințe bibliografice.

CZ 631.316.5

APARATE. ÎNTRERUPTOARE. SEPARATOARE

CZ 621.316.54.001.4

HOCHRAINER, A.

Încercarea întreruptoarelor de înaltă tensiune (Prüfung von Hochspannungsschaltern). În : Elektrotechn. u. Maschinenbaum (E.u.M.), **78**, nr. 11, iunie, 1961, p. 369—375, 18 figuri, 12 referințe bibliografice.

CZ 621.316.545.027.7

KÖRBER, R.

Separatoare manevrabile sub sarcină cu dispozitive de stingere demontabile sub sarcină (Lasttrennschalter mit unter Last herausnehmbarer Löscheinrichtung). (În Elektrotechn. Zeitsch. (ETZ-B), **13**, nr. 16, iunie, 1961, p. 362—367, 13 figuri, 7 referințe bibliografice.

CZ 621.316.577 : 621.316.933.8

PRADE, G.

Întreruptor de protecție contra tensiunilor de atingere, cu multiple posibilități de aplicare (Universell anwendbarer Fehlerschutzschalter). În : Elektrotechn. u. Maschinenbaum (E.u.M.), **78**, nr. 12, iunie, 1961, p. 402—406, 9 figuri.

CZ 621.316.933

LESNY, V.

Descărcătoare de înaltă tensiune (Bleskojistky vvn). În : Elektrotechnický obzor, **50**, nr. 11, noiembrie, 1961, p. 650—659, 9 figuri, 22 referințe bibliografice.

CZ 621.317 MĂSURĂTORI ELECTRICE

CZ 621.317.382.016.25 : 621.317.372

UȘATIN, P. B.

Măsurarea puterii reactive și a factorului de putere în cazul curentului și tensiunii nesinusoidale (Izmerenie reaktionoi moșcinosti i koeffițienta moșcinosti pri nesinusoidalnom toke i napreajenii). În : Izmeritelnaia tehnika, nr. 6, iunie, 1961, p. 34—41, 3 figuri, 6 referințe bibliografice.

CZ 621.317.39.082.62 : 621.313.017.71

WEISS, H.

Aparat cu cupluri termoelectrice pentru măsurarea temperaturii la mașinile cu turații foarte mari (Ein Messgerät für die Temperaturmessung mit Thermoelementen auf sehr schnell umlaufenden Maschinen). În : Elektrotechn. Zeitsch. (ETZ-B), **13**, nr. 13, iunie, 1961, p. 353—357, 8 figuri, 3 referințe bibliografice.

RIBET DESJARDINS

245 A

OSCILOSCOP PORTABIL CU PERFORMANŢE RIDICATE

Amplificator vertical

— Banda de trecere: 0—15 MHz.
— Sensibilitatea: 50 mV/div, DC;
5 mV/div, AC.

Baza de timp

Viteza: de la 0,2 μs/div la 2 s/div.
Expandor (de cinci ori)
Moduri de sincronizare:
+, —, =, Auto, I.F.

Amplificator orizontal

Banda de trecere: 0 — 2 MHz.
Sensibilitatea: 1,5 V/div.

Tub catodic cu mare luminozitate

∅: 7 cm.
Accelerația totală: 4 kV.

Domenii de utilizare

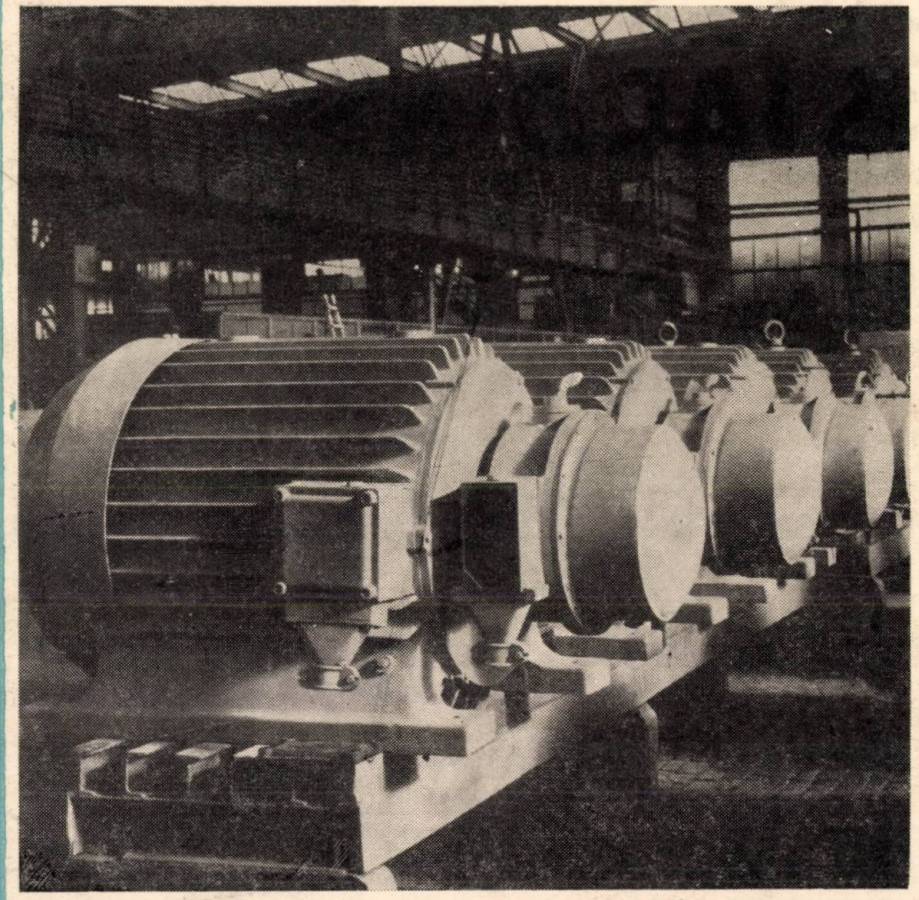
Pentru întreţinere.

Control:

Radar ● Televiziune ● Calculatoare.

Se foloseşte în laboratoare.

RIBET-DESJARDINS - 13, 17, RUE PÉRIER - MONTROUGE (Seine)
Tél. ALÉSIA 24-40 - Télégr. PILACELECT - MONTROUGE - FRANCE

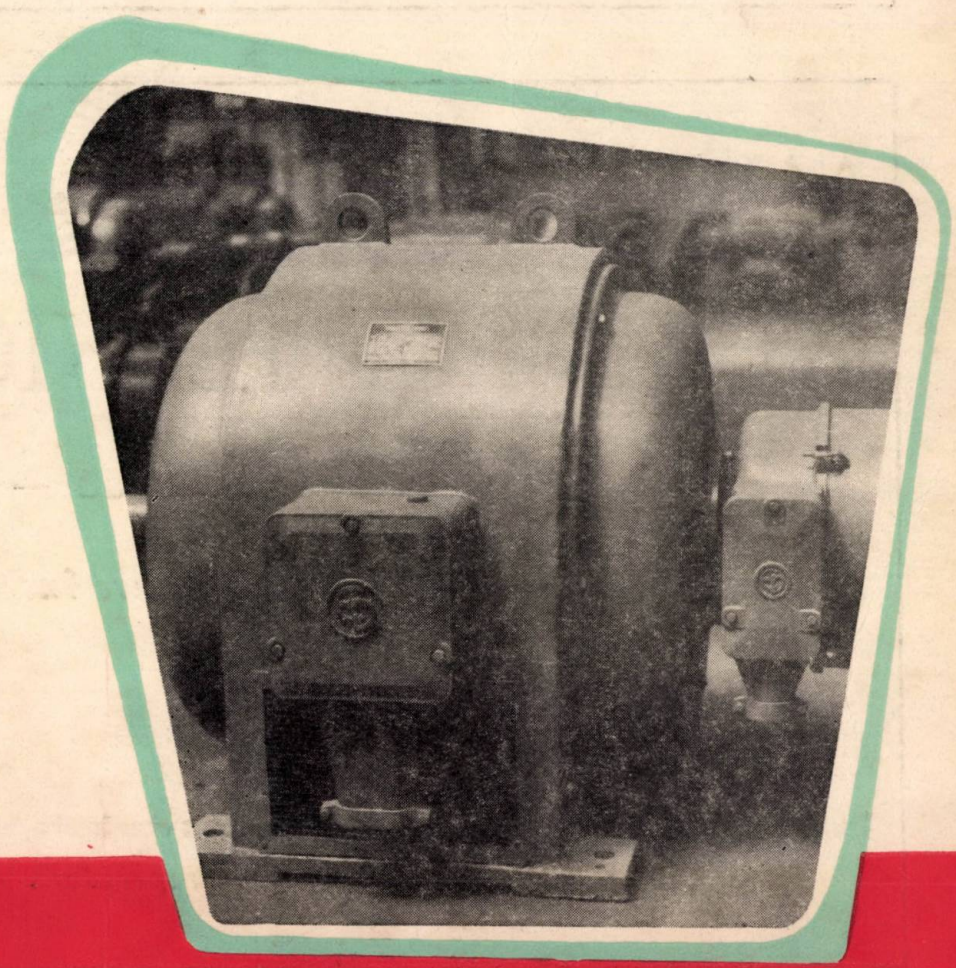


E 2040

R

REFERALVA

ELECTROTEHNICA



8

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 10 ★ nr. 8 ★ p. 285 — 324 ★ august 1962

»Elektrim« *Industria electrotehnică poloneză*

furnizează:

- Maşini trifazice de curent alternativ şi maşini de curent continuu.
- Transformatoare de putere cu sau fără reglaj de tensiune, transformatoare de sudură.
- Instalaţie de conexiune pentru înaltă şi joasă tensiune.
- Material electric pentru mine.
- Cuptoare electrice de diferite tipuri şi etuve.
- Cărucioare cu acumulatoare pentru transportul şi ridicarea greutăţilor.
- Instalaţii pentru măsurători electrice şi electronice, precum şi contoare de energie electrică.
- Echipamente teletehnice şi radiotehnice.
- Material de instalaţii pentru aplicaţii industriale şi casnice.
- Pile galvanice şi acumulatoare.
- Echipament de producţie a energiei electrice (pentru industrie şi pentru centrale electrice).
- Cazane pentru încălzire centrală.

CALITATE EXCELENTĂ • PREŢURI CONVENABILE • TERMENE DE LIVRARE SCURTE

Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

»Elektrim«

WARSZAWA 2, Czackiego 15/17, R. P. POLONĂ • Telegrame: ELEKTRIM—WARSZAWA • Telefon: 6-62-71 • Telex: 10415 • Cutia poştală: 254

A APĂRUT VOLUMUL IX

din

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

— elaborare nouă —

Volumul conţine termenii directori care încep cu litera **H — Ky**

Costul unui volum 100 lei

Vă puteţi procura acest volum, ca şi cele anterioare, de la librării şi difuzorii de cărţi din întreprinderi.

ELECTROTEHNICA

Anul 10 nr. 8 august 1962

CUPRINS

CZ. 621.314.2.014.32.001.5.

Bălă, C., Apetrei C. : **Calculul şi determinarea experimentală a forţelor axiale la transformatoarele de putere.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 385–294

După prezentarea critică a recomandărilor şi proectului de recomandări elaborate de CEI, în lucrare se tratează :

— Calculul forţelor axiale la transformatoarele cu înfăşurările concentrice prin aplicarea metodei amperspirelor reziduale stabilindu-se noi expresii de calcul ;

— determinarea experimentală a forţelor axiale, rezultante care se produc în transformatoarele de putere, prin utilizarea traductoarelor piezoelectrice (metodă propusă de autori)

CZ 621.313.362.013.8

Corlăţeanu V., Bergman I. : **Autoexcitarea maşinilor trifazate cu colector. Consideraţiuni experimentale.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 294–303

Din studiul experimental al autoexcitării maşinilor trifazate cu colector cu trei perii pe perechea de poli se deduc cazurile în care aceasta poate dăuna sau poate folosi la frînare. Rezultatele experimentale confirmă teoria dezvoltată. Cel mai avantajos regim de generator este cel cu sarcina în derivaţie. Se fac unele observaţii privind funcţionarea maşinii trifazate serie în regim de generator pe reţea. Se prezintă două tipuri de maşini trifazate cu colector cu şase perii pe perechea de poli la care apare autoexcitarea în curent monofazat, respectiv în curent continuu.

CZ.621.316.93.015.5

Costina D., Mathé B., Stanciu V. **Studii asupra izolaţiei echipamentului electric de 110 kV fabricat în R.P.R.**

Electrotehnica **10** (1962), 8, 304–313

Articolul reprezintă prima parte a unui studiu teoretic şi experimental privind izolaţia, nivelul de izolaţie şi de producţie a echipamentului electric de 110 kV, fabricat la Uzinele Electroputere — Craiova.

Se enunţă punctul de vedere al uzinei constructoare în problemele menţionate mai sus, iar acesta se propune spre discuţia specialiştilor din institutele de cercetări şi proiectări, din organizaţiile de montaj şi exploatări energetice.

NOTĂ

CZ 628.972 : 621.7 :725.4

Puşcaşu S. : **Asupra determinării pasului la izvoarele liniare luminoase cu tuburi fluorescente utilizate pentru iluminatul halelor industriale.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 313–316

Pornind de la o expresie simplă a iluminării în cazul folosirii izvoarelor lin are luminoase foarte lungi, se găseşte un model uşor de realizat, care permite să se stabilească mai multe variante pentru valoarea paşilor unor asemenea izvoare astfel încît în anumite puncte caracteristice de calcul să se obţină o valoare bine determinată pentru iluminare. Această metodă este utilă în proiectare.

RECENZII 316–318
SCURTE STIRI DIN STRĂINĂTATE 319
REFERATE 319–322
CRONICA 323–324

Fotografia de pe coperta I reprezintă un motor tip MIF de 380 V, 500 rot/min, iar fotografia de pe coperta a IV-a reprezintă grupuri de sudură de 320 A fabricate la Uzina de mașini electrice București.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.314.2.014.32.001.5

Бэлэ К., Апетрей К.: **Расчет и экспериментальное определение осевых сил в трансформаторах мощности.**

Electrotehnica **10** (1962). 8, 285–294

После критического изложения рекомендаций и проекта рекомендаций, разработанных ЧЕЙ, в статье освещаются:

— Расчет осевых сил на трансформаторах с концентрической обмоткой путем применения метода остаточных ампер-витков, причем приводятся новые расчетные уравнения;

— экспериментальное определение результирующ осевых сил, возникающих в трансформаторах мощности с помощью пьезоэлектрических датчиков (метод, предложенный авторами).

ДК 621.313.362.013.8

Корлэцяну В., Берман И.: **Самовозбуждение трехфазных машин с коллектором. Экспериментальные соображения.**

Eilectrotehnica **10** (1962) 8, 294–303

На основании экспериментального исследования самовозбуждения трехфазных машин с коллектором, с тремя щетками на паре полюсов выводятся случаи, в которых это явление может оказать отрицательное действие или может быть использовано при торможении. Экспериментальные результаты подтверждают теорию, согласно которой наиболее выгодным генераторным режимом является режим с шунтированной нагрузкой. Приводится ряд замечаний относительно работы трехфазной сериесной машины в режиме генератора, работающего на сеть. Описаны два типа трехфазных машин с коллектором с шестью щетками на паре полюсов, в которых самовозбуждение возникает в монофазном, соответственно постоянном токе.

ДК 621.316.93.015.5

Костина Д., Мате Б., Станчу В.: **Исследование изоляции электрооборудования на 110 кв, изготовляемого в Румынии.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 304–313

Статья является первой частью теоретического и экспериментального исследования изоляции, уровня изолирования и производства электрооборудования на 110 кв, выпускаемого Крайовским заводом Электропутере.

Излагается точка зрения работников этого завода по вышеупомянутым вопросам, которая выносится на обсуждение специалистами исследовательских и проектных институтов, монтажных и энергетических эксплуатационных организаций.

ЗАМЕТКИ

ДК 628.972 :621.7 :725.4

Пушкашу С.: **Об определении шага линейных световых источников с флюоресцентными лампами, применяемых для освещения промышленных помещений.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 313–316

Исходя от простой формы освещения в случае линейных световых источников большой длины, описывается легко осуществляемая модель, позволяющая определить несколько вариантов для величины шага подобных источников таким образом, чтобы в некоторых характерных расчетных точках получить точно определенное значение освещаемости. Применение данного метода представляется целесообразным при проектировании.

РЕЦЕНЗИИ 316–318
КРАТКИЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ ИЗВЕСТИЯ 319
РЕФЕРАТЫ 319–322
ХРОНИКА 323–324

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.314.2.014.32.001.5

Bălă, C., Apetrei C. : **Die Berechnung und die experimentelle Bestimmung der Axialkraft der Leistungstransformatoren.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 285–294

Nach einer kritischen Darlegung der von CEI ausgearbeiteten Empfehlungen und des Empfehlungsentwurfs, behandeln die Verfasser :

— Die Berechnung der Axialkräfte bei Transformatoren mit konzentrischen Wicklungen durch die Anwendung des Verfahrens der residuellen Amperwindungen : wobei neue Berechnungsausdrücke festgelegt werden.

— Die experimentelle Bestimmung der erzielten Axialkräfte, die in den Leistungstransformatoren stattfinden durch die Verwendung der piesoelektrischen Umformer (ein vom Verfasser vorgeschlagenes Verfahren).

DK 621.313.362.013.8

Corlăteanu V., Bergman I. : **Die Selbsterregung der Kollektor-Drehstromgeneratoren. Experimentelle Erwägungen.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 294–302

Aus dem experimentellen Studium der Selbsterregung der Kollektor-Drehstromgeneratoren mit drei Bürsten je Polpaar, werden die Fälle ermittelt, wo die Selbsterregung beim Bremsen schaden oder nützen kann. Die experimentellen Ergebnisse bestätigen die entwickelte Theorie. Die vorteilhafteste Betriebsbedingung des Generators ist die mit Nebenschluss — Belastung. Ferner werden einige Betrachtungen im Zusammenhang mit der Arbeitsweise des Reihenschlussgenerators bei Netzanschluss dargelegt. Es werden zwei Typen von Kollektor-Drehstromgeneratoren mit sechs Bürsten, je Polpaar beschrieben, bei denen die Selbsterregung im monophasischen, beziehungsweise im Gleichstrom in Erscheinung tritt.

DK 621.316.93.015.5

Costina D., Mathé B. Stanciu V. : **Studien hinsichtlich der Isolierung der in der RVR hergestellten elektrischen 110 kV Ausrüstung.**

Electrotehnica **10** (1962)8, 304–313

Der Aufsatz stellt den ersten Teil eines theoretischen und experimentellen Studiums der im Zusammenhang mit dem Isolierung-und Produktionsgrad der elektrischen 110 kV — Ausrüstung, die in den Elektroputere — Werken-Craiova hergestellt werden.

Ferner wird der Standpunkt des Herstellerbetriebs zu den oberwähnten Fragen dargelegt und den Fachingenieuren in den Forschungs — und Projektierungsinstituten, den Montageeinhiten in energetischen Betrieben zur Erörterung unterbreitet.

NOTEN

DK 628.972 :621.7 :725.4.

Puşcasu S. : **Über die Bestimmung des Abstandsb ei Linearlichtquellen mit Leuchtstoff bei der Beleuchtung der Werkhallen.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 313–316

Von einem einfachen Ausdruck der Beleuchtung mit sehr langen Linearlichtquellen ausgehend, wird ein leicht herstellbares Modell beschrieben das die Bestimmung mehrer Varianten für den Abstand einiger solchen Lichtsquellen gestattet, damit an gewissen Berechnungspunkten ein genau begrenzter Beleuchtungswert erzielt wird. Dieses Verfahren findet in den Projektierungsarbeiten Verwendung.

BUCHBESPRECHUNGEN 316–318
KURZBERICHTE VOM AUSLAND 319
REFFERATE 319–322
CHRONIK 323–324

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR

Anul 10 nr. 8 Bucureşti, august 1962

MŰSZAKI KÖNYVTÁRÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

1885 El 5/63
Lefordítva

Calculul şi determinarea experimentală a forţelor axiale de scurtcircuit brusc la transformatoarele de putere *

Constantin Apetrei, Constantin Bălă** — Bucureşti

Lucrarea prezintă la început o analiză critică a metodelor de calcul cunoscute pînă în prezent, referitoare la transformatoarele de putere. Se indică calculul forţelor axiale la transformatoarele cu înfăşurări concentrice şi determinarea experimentală a acestor forţe axiale rezultante ce se produc utilizînd traductoare piezoelectrice, folosind o metodă originală propusă de către autori.

1. Introducere

Cele mai solicitate transformatoare în regimurile de scurtcircuit sînt în deosebi transformatoarele de puteri mari şi transformatoarele avînd tensiunea de scurtcircuit mică, caracteristică transformatoarelor pentru alimentarea staţiilor de redresare şi autotransformatoarele de putere medie şi mare, datorită reactanţei reduse de scăpări a porţiunii exterioare de înfăşurare, care poate interveni în cazurile practice la limitarea curenţilor de scurtcircuit.

O analiză critică a metodelor de calcul cunoscute pînă în prezent se impune pentru a se elimina discordanţa relativ mare între rezultatele obţinute după diferitele expresii de calcul ale forţelor axiale.

Încercările la scurtcircuite ale transformatoarelor trebuie să răspundă la cîteva probleme, privind construcţia transformatoarelor şi variaţia caracteristicilor materialelor constructive utilizate ; dintre aceste probleme menţionăm :

— cum se comportă transformatoarele de puteri avînd aceleaşi date nominale, dar de construcţie diferită ; care este influenţa denivelărilor şi descentrărilor înfăşurărilor asupra forţelor electrodinamice ;

— care este influenţa miezului feromagnetic, cuvei şi a celorlalte piese feromagnetice asupra forţelor electrodinamice ; influenţa fazelor vecine asupra forţelor care se exercită asupra unei faze ;

— care este valabilitatea diferitelor ipoteze de calcul ;

— cum se comportă materialele utilizate în construcţia transformatoarelor ; evoluţia caracteristicilor mecanice în funcţie de temperatură şi solicitări.

Numeroase norme şi standarde naţionale precum şi recomandările CEI [1] prescriu valorile curenţilor la care trebuie să reziste transformatoarele la probele de scurtcircuit fără ca elementele constructive să se deformeze sau să se deterioreze. Astfel în funcţie de valorile tensiunii de scurtcircuit, se indică valoarea curentului şi durata probei de scurtcircuit date în tabela 1.

Tabela 1

u_{sc} [%]	Scurtcircuit simetric trifazat : I_{sc} =	Durata probei [s]
$\leqslant 4$	$25\ I_n$	2
> 4	$100\ I_n/u_{sc}$	3

În aceste recomandări nu se face o deosebire între solicitările mecanice şi termice. În proiectul de revizie al CEI [2] din mai 1961, s-a revenit cu o nouă propunere, în care valorile curentului de scurtcircuit sînt date în funcţie de puterea transformatorului, aşa după cum se indică în tabela 2.

---

* Lucrarea a fost prezentată public la sesiunea de comunicări a Institutului Politehnic Bucureşti, din aprilie 1962.

** Ing. C. Apetrei este conferenţiar la Catedra de maşini electrice de la Inst. Politehnic Bucureşti şi candidat în ştiinţe tehnice.

Ing. C. Bălă este şef de lucrări la Inst. Politehnic Bucureşti şi candidat în ştiinţe tehnice.

Conform acestor recomandări, transformatorul trebuie să reziste la solicitări mecanice corespunzătoare la 2,55 $(1{,}8\ \sqrt{2})\ I_{max\,sc}$ (se are în vedere curentul de scurtcircuit brusc). Totodată se precizează condițiile în care transformatorul trebuie să reziste termic; astfel pentru transformatoarele avînd $I_{sc} > 20\ I_n$ se propune durata de scurtcircuit de 2 s; pentru transformatoarele avînd $I_{sc} \leqslant 20\ I_n$ se propune o durată de scurtcircuit de 3 s.

Tabela 2

P [kVA]	a $I_{max\,sc}$	b $Z_{echivalent}$
< 630	25	4
630 – 1 250	20	5
1 251 – 3 150	16	6,25
3 151 – 6 300	14	7,15
6 301 – 12 500	12	8,33
12 501 – 25 000	10	10
25 001 – 100 000	8	12,5

Aceste recomandări sînt însă nesatisfăcătoare, după cum se remarcă în [3]. Întrucît nu există încă instalații de puterea necesară pentru efectuarea încercărilor în condițiile menționate de aceste recomandări, ele nu pot fi verificate.

De remarcat că instalațiile care trebuie construite pentru încercările la scurtcircuite sînt foarte mari; astfel pentru un transformator de 100 MVA avînd $u_{sc} = 12{,}5\%$ puterea de vîrf a instalației trebuie să fie de aproximativ 80 000 MVA pentru a nu rezulta o micșorare a tensiunii la bornele transformatorului de încercat sub 0,95 din valoarea nominală. De asemenea instalații încă nu dispune nici un laborator, încît verificarea recomandărilor este practic imposibilă în condițiile prezentate în proiect.

Deocamdată, numai cîteva transformatoare de puteri mari au fost încercate în străinătate, dar cu o micșorare sensibilă a tensiunii de alimentare (și prin urmare și a eforturilor maxime) în timpul probelor [3].

De aici rezultă necesitatea de a se elabora noi metode de încercare a transformatoarelor la scurtcircuit, prin care să se poată efectua experimentări concludente pentru determinarea forțelor electrodinamice de scurtcircuit, în condițiile oferite curent de laboratoarele fabricilor constructoare.

În lucrarea de față se prezintă metodele de calcul aplicate pentru determinarea forțelor axiale de comprimare și rezultante care se produc în cazul înfășurărilor concentrice; după analiza critică a metodelor experimentale cunoscute pînă în prezent, autorii prezintă o nouă metodă care a fost utilizată pentru determinarea forțelor axiale la curenți de scurtcircuit reduși și prin urmare cu instalații de puteri reduse.

2. Calculul forțelor axiale la înfășurările cilindrice

Numeroasele metode elaborate pînă în prezent pentru determinarea analitică a forțelor axiale se pot clasifica după cum urmează: *a*) metode prin care pornind de la expresia energiei cîmpului magnetic de scăpări se derivează energia în raport cu o coordonată după care se deplasează virtual înfășurările și se obține astfel expresia forței electrodinamice; din această grupă de metode face parte și metoda semiempirică [4] aplicată cu succes la transformatoarele de putere medie construite în țara noastră; *b*) metode prin care pornind de la expresiile care se pot stabili în cazurile simplificate pentru cîmpul magnetic de scăpări se calculează forța, înlocuind valoarea cîmpului magnetic în expresia forței elementare care se exercită asupra unui element de conductor dl parcurs de curentul i și situat în cîmpul magnetic.

Ambele grupe de metode implică determinarea cîmpului magnetic radial în cazul în care se calculează forțele axiale. Calculul mai exact al cîmpului magnetic din spațiul înfășurărilor, luînd în considerare repartiția exactă a conductoarelor, este posibil numai cu ajutorul calculatoarelor cifrice. Întrucît asemenea calcule sînt oportune de efectuat în deosebi la transformatoare, de puteri foarte mari, respectiv la serii mari de transformatoare, este potrivit ca la îndemîna proiectantului să fie puse metode rapide pe baza cărora să se poată stabili criterii generale de apreciere a diferitelor soluții constructive ținînd seama de comportarea transformatoarelor la forțele electrodinamice de scurtcircuit.

O metodă simplă și aplicabilă cu rezultate satisfăcătoare pentru calculul forțelor axiale produse de repartiția diferită a păturii de curent, a înfășurărilor concentrice executate din galeți spiralați, este metoda „amperspirelor reziduale"; de remarcat însă că aplicarea acestei metode în forma prezentată în numeroase lucrări de specialitate conduce la rezultate diferite de cele experimentale. De aceea, autorii au considerat necesar să aducă noi precizării în aplicarea metodei, propunînd calculul detaliat al solenației reziduale. La înfășurările cilindrice stratificate, calculul forțelor de precomprimare are la bază calculul fluxului radial, prin suprafața laterală a înfășurării și anume pe zone distincte în care cîmpul magnetic nu schimbă de semn; în lucrare se stabilește expresia forței axiale și pentru aceste înfășurări.

a. *Metoda detaliată a „amperspirelor reziduale"*

Componenta radială a cîmpului magnetic de scăpări care intervine în expresia forței elementare a forței axiale ce se exercită asupra unei

porțiuni de înfășurări este produsă de solenația rezultantă a înfășurărilor parcurse de curent; astfel componenta radială a intensității cîmpului magnetic rezultă din legea circuitului magnetic:

$$H_{rx} = \frac{x\,\Theta_{rx}}{l}, \tag{1}$$

în care $x = 1$ în sistemul MKSA rationalizat este lungimea echivalentă a liniei de cîmp, iar Θ_{rx}, solenația rezultantă prin suprafața cuprinsă pînă la distanța x de la marginea superioară (respectiv inferioară) a înfășurării:

$$\Theta_{rx} = \int_0^x (\omega_{xi}\, i_i + \omega_{xj}\, i_j)\, \mathrm{d}x; \tag{2}$$

cu ω_x s-au notat densitățile liniare de spire ale înfășurărilor.

Inducția magnetică în direcția radială în aer se calculează cu relația:

$$B_{rx} = \mu_0\, H_{rx}. \tag{3}$$

Problema revine la calculul solenației reziduale Θ_{rx}; în acest scop se consideră numai porțiunile de înfășurare parcurse de curent și se subîmpart apoi înfășurările de pe coloană în zone distincte, caracterizate prin pături de curent aproximativ constante; dacă pe coloană sînt dispuse două înfășurări, avînd i respectiv j zone distincte, numărul z al zonelor distincte ale ansamblului celor două înfășurări satisface relația:

$$z \leqslant i + j - 1. \tag{4}$$

În relația (4) semnul inegalității intervine în cazul cînd două zone ale înfășurării 1 și 2 prezintă denivelare la o singură extremitate (de exemplu zonele caracterizate de înălțimile h_{17} și h_{23} din fig. 1).

Din relațiile

$$A_{1i} = \frac{\omega_{1i}\, i_1}{h_{1i}}, \quad A_{2j} = \frac{\omega_{2j}\, i_2}{h_{2j}}, \tag{5}$$

în care $\omega_{i,j}$ sînt numerele de spire din porțiunile i, respectiv j ale înfășurărilor se calculează păturile de curent A_{1i} și A_{2j} pentru fiecare zonă și se determină pătura de curent rezultantă:

$$A_x = A_{1i} + A_{2j} \tag{6}$$

în funcție de coordonata x, după direcția axei înfășurării.

Din relația (2) se calculează apoi solenația reziduală:

$$\Theta_{rx} = \int_0^x A_x\, \mathrm{d}x, \tag{7}$$

care reprezintă la altă scară și curba componentei radiale a inducției magnetice în funcție de x.

Forța elementară ce se exercită asupra unei porțiuni de înfășurare într-un punct caracterizat de o densitate liniară de spire ω_x este

$$\mathrm{d}f_x = \pi D_m\, \omega_x\, i B_{rx}\, \mathrm{d}x, \tag{8}$$

în care l este lungimea medie a înfășurării.

În fine, forța electrodinamică produsă asupra unei porțiuni de înfășurare cuprinsă între coordonatele x_1, x_2 este

$$F_{12} = \int_{x_1}^{x_2} f_x\, \mathrm{d}x. \tag{9}$$

De remarcat că la producerea componentei radiale a cîmpului magnetic din fereastra transformatorului au o contribuție și solenațiile

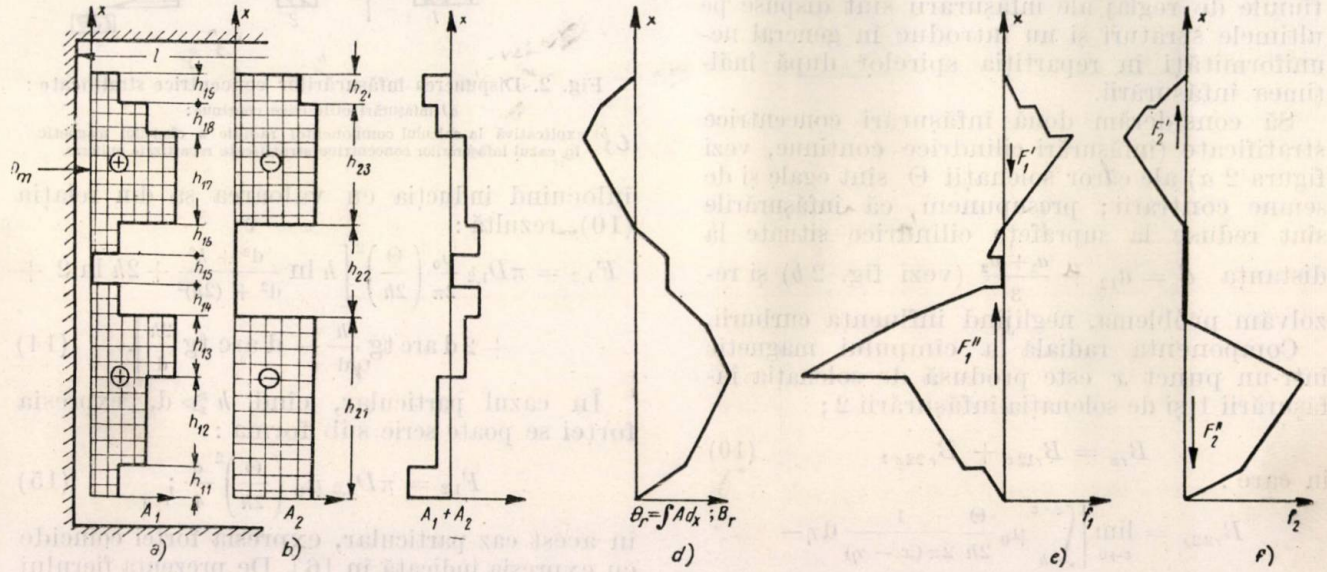


Fig. 1. Explicativă la aplicarea metodei detaliate a amperspirelor reziduale:

a) curba păturii de curent $A_1 = f(x)$; *b*) curba păturii de curent $A_2 = f(x)$; *c*) curba păturii de curent rezultante $A = A_1 + A_2$; *d*) curba solenației reziduale și a componentei radiale a cîmpului magnetic; *e*) și *f*) curbele forțelor electrodinamice specifice f_1 și f_2 care se exercită asupra înfășurării 1, respectiv 2.

coloanelor vecine; în anexa I a lucrării [5] se demonstrează că în regim staționar, forța specifică în zona ferestrei crește cu 50% datorită acestei influențe.

Lungimea echivalentă a liniei de cîmp din fereastra transformatorului și din afara ferestrei se ia aproximativ egală cu lățimea ferestrei; în multe lucrări se dau expresii de calcul pentru această lungime, însă aproximația precedentă este acoperitoare.

În tabela 3 se dau valorile forțelor axiale calculate la un transformator de 5 MVA, 35/6,3 kV, conectat pe priza de −10%, aplicînd metoda semiempirică [4], metoda amperspirelor reziduale în forma simplificată prezentată în literatură și metoda amperspirelor generalizată prezentată mai sus.

Tabela 3

Nr. crt.	Metoda de calcul	Înfășurarea de tensiune joasă	Înfășurarea de tensiune înaltă
1	Metoda semiempirică în variantă	43 300	
2	Metoda amperspirelor reziduale	52 450	48 300
3	Metoda detaliată a amperspirelor reziduale	27 420	12 040

Din tabelă rezultă că valorile din primele două linii obținute prin metoda semiempirică și metoda amperspirelor reziduale în forma simplificată sînt mult mai mari decît forțele rezultate prin aplicarea metodei detaliate a amperspirelor reziduale, prin care se ține seama mai îndeaproape de particularitățiile constructive ale înfășurărilor.

b. *Calculul forțelor axiale la înfășurările concentrice stratificate*

La înfășurările concentrice stratificate, porțiunile de reglaj ale înfășurării sînt dispuse pe ultimele straturi și nu introduc în general neuniformități în repartiția spirelor după înălțimea înfășurării.

Să considerăm două înfășurări concentrice stratificate (înfășurări cilindrice continue, vezi figura 2 *a*) ale căror solenații Θ sînt egale și de semne contrarii; presupunem că înfășurările sînt reduse la suprafețe cilindrice situate la distanța $d = a_{12} + \frac{a_1 + a_2}{3}$ (vezi fig. 2 *b*) și rezolvăm problema, neglijînd influența curburii.

Componenta radială a cîmpului magnetic într-un punct x este produsă de solenația înfășurării 1 și de solenația înfășurării 2;

$$B_{rx} = B_{r12x} + B_{r22x}, \tag{10}$$

în care:

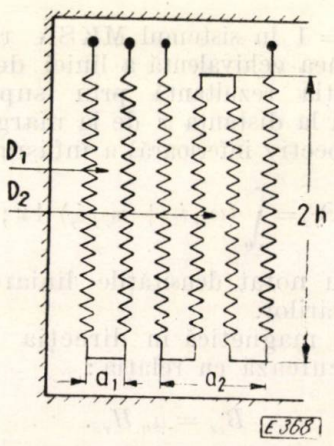
$$B_{r22x} = \lim_{\varepsilon \to 0} \left[\int_{-h}^{x-\varepsilon} \mu_0 \frac{\Theta}{2h} \frac{1}{2\pi(x-\eta)} \, d\eta - \right.$$

$$\left. - \int_{x+\varepsilon}^{h} \mu_0 \frac{\Theta}{2h} \frac{1}{2\pi(x+\eta)} \, d\eta \right] = \frac{1}{2\pi} \mu_0 \frac{\Theta}{2h} \ln \frac{h+x}{h-x}, \tag{11}$$

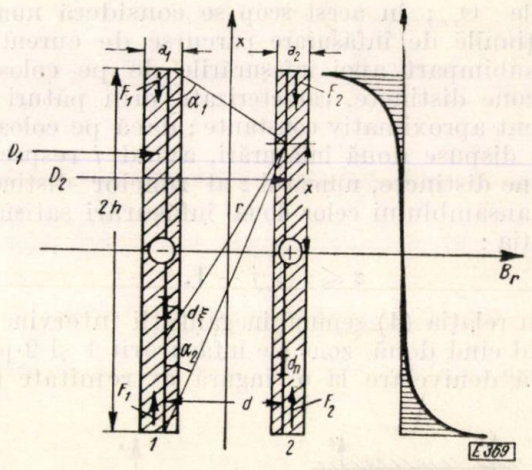
$$B_{r12x} = \int_{-h}^{h} \mu_0 \frac{\Theta}{2h} \frac{1}{2\pi r} \cos\alpha \, d\xi = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\Theta}{2h} \ln \frac{\sin\alpha_1}{\sin\alpha_2}. \tag{12}$$

Forța care se exercită asupra porțiunii superioare de înfășurare este:

$$F_{1,2} = \int_0^h \pi D_{1,2} B_{rx} \frac{\Theta}{2h} \, dx; \tag{13}$$



a



b

Fig. 2. Dispunerea înfășurărilor concentrice stratificate:
a) înfășurări cilindrice continue;
b) explicativă la calculul componentei radiale a cîmpului magnetic în cazul înfășurărilor concentrice stratificate repartizate uniform.

înlocuind inducția cu valoarea sa din relația (10), rezultă:

$$F_{1,2} = \pi D_{1,2} \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{\Theta}{2h} \right)^2 \left[h \ln \frac{d^2 + h^2}{d^2 + (2h)^2} + 2h \ln 2 + \right.$$

$$\left. + 2d \operatorname{arc\,tg} \frac{h}{d} - d \operatorname{arc\,tg} \frac{2h}{d} \right]. \tag{14}$$

În cazul particular, cînd $h \gg d$, expresia forței se poate scrie sub forma:

$$F_{1,2} = \pi D_{1,2} \mu_0 \left(\frac{\Theta}{2h} \right)^2 \frac{d}{4}; \tag{15}$$

în acest caz particular, expresia forței coincide cu expresia indicată în [6]. De prezența fierului se ține seama, calculînd și fluxurile magnetice produse de imaginile înfășurării față de coloane.

3. Metodele aplicate pentru determinarea forțelor axiale; dificultăți și precizia măsurătorilor

Pînă în prezent se cunosc puține lucrări experimentale prin care să se confirme cantitativ valorile forțelor electrodinamice calculate după metodele publicate de diferiți autori; numărul relativ restrîns se explică în deosebi prin dificultățile de măsurare și încercare în condițiile reale de funcționare ale transformatoarelor; lucrările experimentale efectuate pe modele prezintă o deosebită importanță pentru determinarea forțelor, însă rezultatele nu pot fi extrapolate integral la original, întrucît modelul nu reproduce și particularitățile tehnologice și constructive caracteristice transformatoarelor reale.

Metodele utilizate pînă în prezent pentru determinarea experimentală a forțelor axiale de scurtcircuit la transformatoarele reale sînt metode indirecte. Toate au la bază în principal determinarea forței axiale pornind de la forța elementară

$$\overline{\mathrm{d}f} = i\,[\overline{\mathrm{d}l}\; x\overline{B}_r] \qquad (16)$$

care se exercită asupra elementului $\mathrm{d}\overline{l}$ de conductor, situat în cîmpul magnetic radial $\overline{B}_r$ și parcurs de curentul i. Curentul i se măsoară, iar componenta radială B_r a cîmpului magnetic se determină experimental.

a. *Metoda Watters* [7]. Forța axială care se exercită asupra unui element de înfășurare (bobină, spiră, etc.) este proporțională cu produsul dintre solenația pe unitatea de lungime considerată constantă și fluxul radial care trece prin suprafața laterală a elementului de înfășurare.

Pentru măsurarea fluxului radial, se utilizează o metodă indirectă și anume se măsoară tensiunile induse în două spire extreme ale

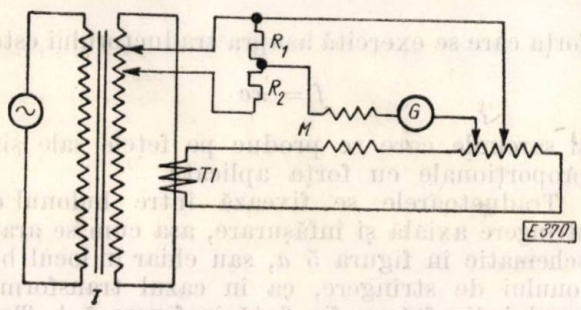


Fig. 3. Schema de principiu a instalației pentru măsurarea fluxului radial după [7]:
T – transformatorul de încercat; *TI* – transformatorul de curent; *G* – galvanometru.

elementului de înfășurare și se calculează diferența care reprezintă tensiunea indusă de fluxul radial. Diferența se poate măsura și în raport cu o valoare „constantă" a unei tensiuni într-o schemă în puncte (vezi fig. 3), care permite ca măsurările să fie independente de variațiile curentului de scurtcircuit sau de variațiile frecvenței.

Drept spire de probă, Watters, utilizează însești spirele înfășurării exterioare, fapt posibil în cazul în care bornele spirelor sînt accesibile. Metoda este dificilă de aplicat în cazul transformatoarelor la care bornele elementelor de înfășurare ale înfășurării exterioare nu sînt ușor accesibile. De asemenea, metoda nu permite să se determine o repartiție a eforturilor de-a lungul spirei.

b. *Metoda Kulda* [8]. Pentru măsurarea componentei radiale a cîmpului magnetic, Kulda a utilizat o bobină-sondă avînd caracteristicile menționate în figura 4; cu ajutorul unui volt-

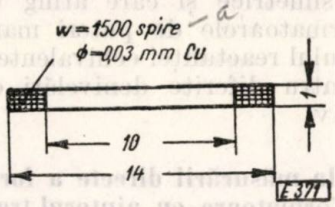


Fig. 4. Schița bobinei-sondă descrisă în [8].

metru electronic s-a măsurat tensiunea indusă în bobina-sondă și s-a calculat apoi inducția magnetică radială.

De remarcat că utilizarea unei bobine-sondă prezintă două dificultăți principale: înclinarea axei bobinei în raport cu planul spirelor înfășurării conduce la erori mari îndeosebi în cazul cînd componenta radială a inducției este mică în raport cu componenta axială; astfel, în cazul în care componenta axială este de 10 ori mai mare decît componenta radială, o înclinare a axei bobinei-sondă cu 5° față de planul spirelor înfășurării conduce la o eroare de 85%. Eroarea se poate reduce, dacă se măsoară valoarea maximă a cîmpului magnetic și se determină orientarea sa față de planul spirei, pe baza cărora să se calculeze apoi componenta radială; faza cîmpului magnetic variază cu poziția bobinei-sondă și pentru măsurarea acesteia este necesar să se utilizeze un vectometru; pentru calculul forțelor interesează numai componenta radială a inducției în fază cu curentul de scurtcircuit.

c. *Metoda Salgues* [9]. Prin această metodă se măsoară direct fluxul radial, utilizînd o bobină de suprafață mare, corespunzătoare unui element de înfășurare al înfășurării exterioare. În cazul experiențelor descrise de autor, suprafața bobinei era cuprinsă între 1 000 și 5 000 cm² iar înălțimea a fost variată între limitele 5 și 20 cm.

Tensiunea indusă în această bobină s-a măsurat cu un milivoltmetru electronic. Metoda este aplicabilă îndeosebi la transformatoarele cu două înfășurări și permite măsurarea fluxului radial prin înfășurarea exterioară. Forțele axiale care se produc cînd înfășurările

exterioare sînt parcurse de curent, se pot calcula numai dacă este accesibil canalul dintre înfășurări pentru măsurarea componentei radiale a fluxului.

d. *Metoda Festl* [10]. Prin această metodă se determină curba reactanței de scăpări X_σ a înfășurărilor în funcție de denivelarea ξ introdusă la scoaterea porțiunilor de reglaj din circuitul înfășurărilor. Pe baza teoremei forțelor lagrangiene, se poate calcula forța care se produce datorită nesimetriei înfășurării.

În primul rînd numărul de puncte al curbei X_σ (ξ) este relativ redus (egal cu numărul prizelor de reglaj); apoi, prin această metodă nu se ține seama de forțele care se exercită asupra bobinelor simetrice și care ating valori mari la transformatoarele de puteri mari. În fine, însuși calculul reactanței echivalente X_σ a înfășurării pentru diferite denivelări este numai aproximativ.

4. Metoda măsurării directe a forțelor axiale în transformatoare cu ajutorul traductoarelor piezoelectrice

a. *Introducere*

Pentru măsurarea directă a forțelor rezultante în transformatoare se pot utiliza traductoare de forță, care trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— să nu fie influențate de cîmpurile magnetice variabile în timp; această condiție exclude practic utilizarea traductoarelor inductive cu magnetostricțiune și în parte chiar și traductoarele capacitive;

— să nu fie construite din piese feromagnetice de dimensiuni mari, spre a nu deforma cîmpul magnetic de scăpări al transformatorului.

Traductoarele piezoelectrice, utilizate de multă vreme în tehnica măsurării presiunilor, accelerației și a forțelor, îndeplinesc condițiile de mai sus. O caracteristică de seamă a traductoarelor piezoelectrice construite pentru măsurarea forțelor o constituie frecvența lor proprie ridicată în raport cu frecvența forței electromagnetice care se exercită asupra înfășurărilor.

Efectul piezoelectric a fost descoperit încă din anul 1880 de soții Curie și constă în producerea unor sarcini electrice pe fețele opuse ale unei lame de cristal de cuarț, turmalină etc., cînd această lamă este supusă la solicitări mecanice; aplicarea acestui efect la măsurarea mărimilor neelectrice este întîlnită în ultimii 30—40 ani.

Cel mai frecvent utilizat în acest scop este cuarțul; lama de cuarț este omogenă, nu prezintă histerezis, răspunsul traductorului este foarte rapid, sarcinile electrice apărînd practic instantaneu după ce a fost aplicată forța; proprietățile sale variază puțin cu temperatura.

Aplecînd o forță

$$f = F_{max} \sin \omega t, \tag{16a}$$

asupra unui corp de masă m care acționează asupra traductorului piezoelectric, de rigiditate mecanică c, ecuația mișcării este:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + k \frac{dx}{dt} + cx = f(t), \tag{16b}$$

în care x este deplasarea masei m, k — constanta de amortizare a sistemului, iar $f(t)$ — forța aplicată corpului de masă m. La condiții inițiale nule și amortizări mici, soluția ecuației este:

$$x = \xi \frac{f}{fe} e^{-\delta} \sin(\omega_k t + \varepsilon) + \xi \sin(\omega t - \varphi), \tag{16}$$

în care

$$\xi = \frac{F_{max}}{c} \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_e^2}\right)^2 + 2\left(\frac{k}{k_{cr}} \frac{\omega}{\omega_e}\right)^2}},$$

$$\varepsilon = \operatorname{arc\,tg} \frac{\omega_k \sin \varphi}{\delta \sin \varphi - \omega \cos \varphi},$$

$$\delta = \frac{k}{2m}; \quad \omega_e = \sqrt{\frac{c}{m}} = 2\pi f_e; \quad \omega = 2\pi f,$$

$$\omega_k = \omega_e \sqrt{1 - \delta^2},$$

$$\varphi = \operatorname{arc\,tg} \frac{2\omega\delta}{\omega_e^2 - 2\omega^2};$$

(16)

(s-a presupus că $\delta \ll \omega$).

Dacă $f \ll f_e$ și $\varphi \approx 0$; $\varepsilon \approx 0$ iar deplasarea masei m se face după relația:

$$x = \frac{F_{max}}{c} \sin \omega t = \frac{f}{c}; \tag{16e}$$

forța care se exercită asupra traductorului este:

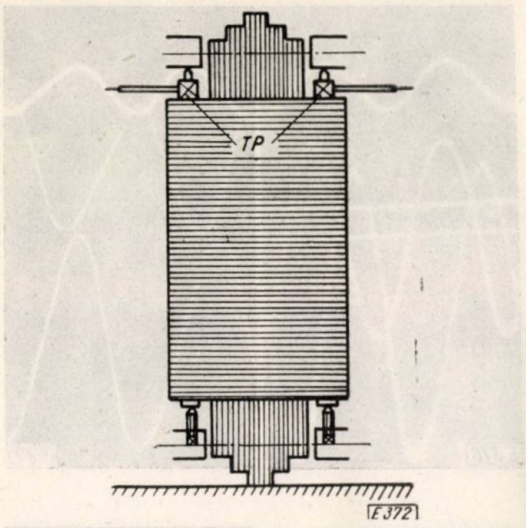
$$f = xc \tag{16}$$

și sarcinile care se produc pe fețele sale sînt proporționale cu forța aplicată.

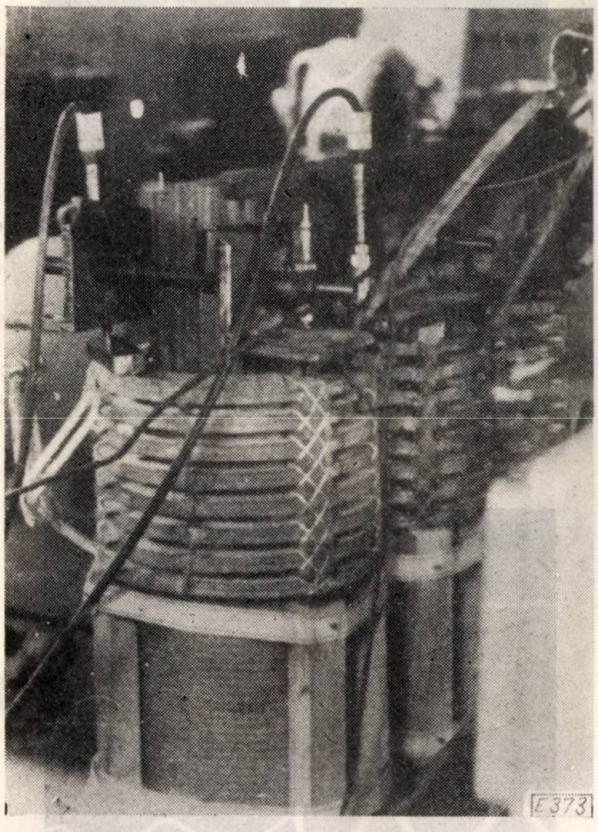
Traductoarele se fixează între bulonul de strîngere axială și înfășurare, așa cum se arată schematic în figura 5 *a*, sau chiar în locul bulonului de strîngere, ca în cazul transformatorului din fotografia dată în figura 5 *b*. Tensiunile care se produc la bornele traductorului au valori de ordinul zecilor sau chiar sutelor de volți în funcție de forța aplicată și constituția cristalului utilizat; în schimb rezistența lor internă este foarte mare: de aproximativ 10^{10} Ω.

În acest scop, tensiunea de la bornele traductorului este aplicată la intrarea unui amplificator electronic, iar apoi la osciloscop.

Numărul traductoarelor și respectiv numărul spoturilor depinde de scopul urmărit; dacă se măsoară forța rezultantă care se exercită asupra



a



b

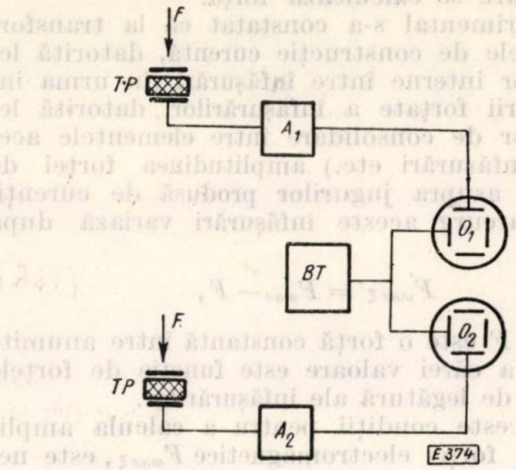
Fig. 5. Dispunerea traductoarelor piezoelectrice (TP): a dispunerea traductoarelor de forțe; b) dispunerea traductoarelor de presiune.

consolelor de strîngere a jugului sînt suficiente două unități.

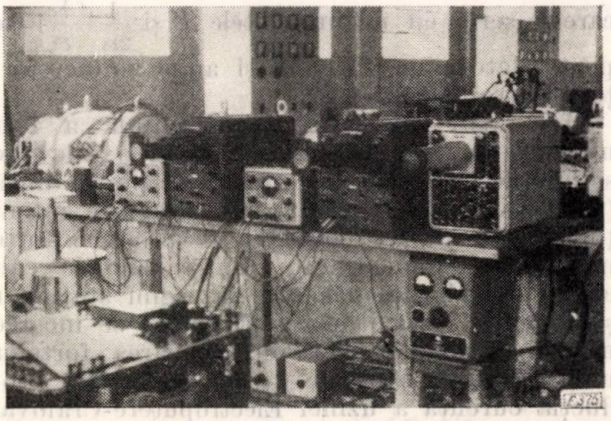
Baza de timp a osciloscoapelor trebuie să fie comună, pentru a se determina și faza forțelor în diferitele regiuni.

Reglajul sensibilității instalației se efectuează prin amplificatorul de curent continuu conectat între traductor și osciloscop.

În figura 6*a* este dată schema de principiu a instalației utilizate pentru măsurarea forțelor cu ajutorul a două traductoare, iar în figura 6*b* este dată fotografia instalației. Instalația permite oscilografierea forțelor instantanee (atît în regim staționar cît și în regim tranzitoriu).



a



b

Fig. 6:
a) Schema de principiu a instalației pentru oscilografierea forțelor F; TP – traductor piezoelectric; A – amplificator; O – osciloscop; BT – baza de timp. *b*) Instalația de măsură.

Etalonarea instalației se face direct prin aplicarea unor forțe cunoscute.

Pentru ridicarea curbei curenților în regim tranzitoriu se utilizează un oscilograf cu spot sau cu bucle.

b. *Încercări experimentale: măsurarea forțelor la un transformator de 10 000 kVA.*

Este cunoscut că amplitudinea F_{max} a forțelor electromagnetice în transformatoarele de putere variază cu pătratul amplitudinii I_{max} a

intensității curentului (dacă conductoarele parcurse de curenți sînt fixe) după relația:

$$F_{max} = \frac{1}{2\omega} \frac{\partial X_\sigma}{\partial \xi} I^2_{max}, \quad (16g)$$

în care ω este pulsația curentului, X_σ reactanța de scăpări, iar ξ o coordonată în direcția după care se calculează forța.

Experimental s-a constatat că la transformatoarele de construcție curentă, datorită legăturilor interne între înfășurări (în urma introducerii forțate a înfășurărilor, datorită legăturilor de consolidare între elementele aceleiași înfășurări etc.) amplitudinea forței de presare asupra jugurilor produsă de curenții care parcurg aceste înfășurări variază după relația:

$$F'_{max\,\xi} = F_{max} - F, \quad (16h)$$

în care F este o forță constantă între anumite limite, a cărei valoare este funcție de forțele interne de legătură ale înfășurărilor.

În aceste condiții pentru a calcula amplitudinea forței electromagnetice $F_{max\,\xi}$, este necesar să se determine experimental cel puțin două puncte ale curbei $F'_{max\,\xi}$ (I); din sistemul care se scrie cu necunoscutele F și $\frac{1}{2\omega} \frac{\partial X_\sigma}{\partial \xi}$ se poate determina forța F și amplitudinea forței electromagnetice $F_{max\,\xi}$.

Mai întîi, instalația experimentală a fost utilizată pentru măsurarea forțelor axiale care se produc într-un transformator de putere mică (90 kVA), avînd înfășurările dispuse intenționat nesimetric, pentru a se produce forțe măsurabile. Concordanța dintre valorile calculate și valorile măsurate în regim staționar și în regim tranzitoriu a permis să se încerce utilizarea instalației la determinarea forțelor unui transformator de 10 000 kVA din producția curentă a uzinei Electroputere-Craiova.

Caracteristicile transformatorului sînt:

puterea (mVA:) 10/10/10,
tensiunile (kV): $110\,^{+10}_{-15}\%$ /38,5 ± 5 %/6,6
numărul de înfășurări 3
numărul de faze 3
conexiunea $Y/Y_0/\Delta$

Forțele s-au oscilografiat pentru următoarele scheme de conexiuni ale înfășurărilor; înfășurarea de înaltă tensiune a fost conectată pe priza de − 15 %; înfășurarea de *m.t.* a fost conectată succesiv pe priza de:

1) + 5 %
2) 0 %
3) − 5 %

S-a alimentat înfășurarea de *î.t.* și s-a scurtcircuitat înfășurarea de *m.t.* S-au măsurat forțele care se produc asupra înfășurărilor de *î.t.* Înfășurarea de *j.t.* a fost deschisă în tot timpul încercărilor.

Dintre schemele de conexiuni au fost alese în mod special acestea, fiind considerate ca cele mai critice pentru transformator.

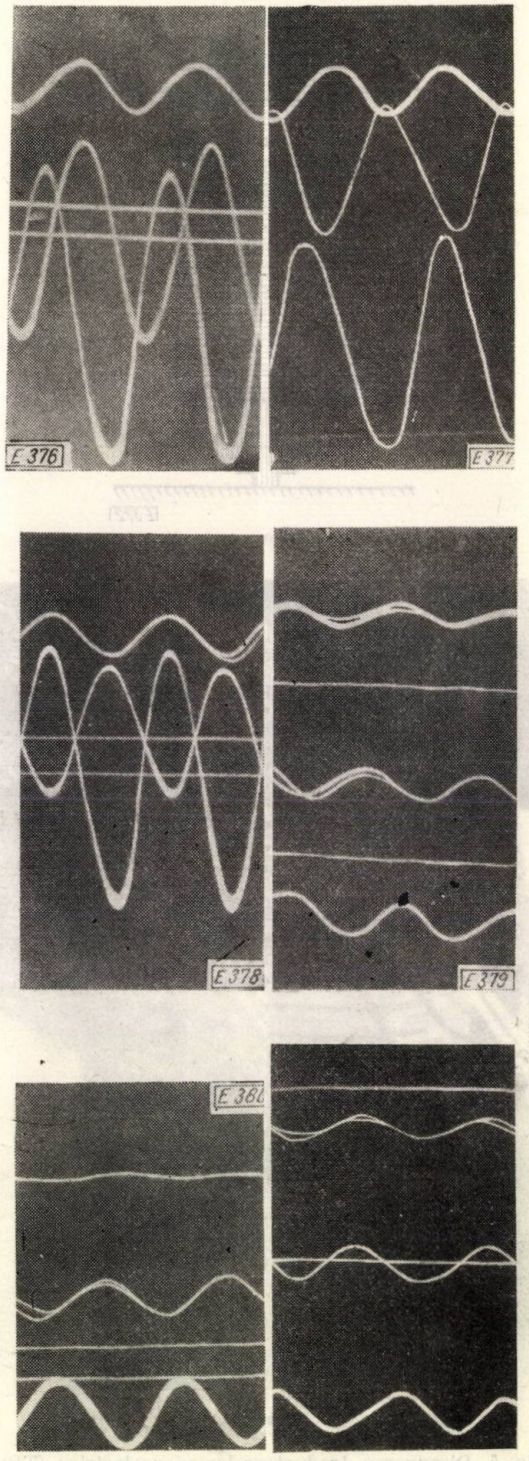


Fig. 7. Oscilogramele forțelor axiale măsurate la un transformator de 10 MVA:

1) înfășurarea de *m.t.* pe priza de + 5 %, iar cea de *î.t.* pe − 15 %; *2*) înfășurarea de *m.t.* pe priza de 0 %, iar cea de *î.t.* pe − 15 %; *3*) înfășurarea de *m.t.* pe priza de − 5 %, iar cea de *î.t.* pe − 15 %.

Oscilogramele s-au efectuat pentru fiecare schemă în parte, pentru trei curenți diferiți

prin înfășurări; pe oscilogramele reproduse în figura 7 distanța dintre cele două linii orizontale reprezintă forța de etalonare de 5,0 kgf.

Valorile curenților și forțelor măsurate sînt trecute în tabela 4.

Tabela 4

Schema de conexiuni	Oscilogramele 7–1		Oscilogramele 7–2		Oscilogramele 7–3	
	I/I_n	$F'_{max\,\xi}$ [kgf]	I/I_n	$F_{max\,\xi}$ [kgf]	I/I_n	$F_{max\,\xi}$ [kgf]
1. m.t.+5% i.t.–15%	1	8,29	1,33	33,70	1,44	47,9
2. m.t. 0% i.t.–15%	1	5,92	1,30	18,06	1,58	35,0
3. m.t.–5% i.t.–15%	1	2,21	1,32	6,00	1,65	9,2

În figura 8 s-au reprezentat grafic forțele axiale $F'_{max\,\xi}$ pentru fiecare din schemele de

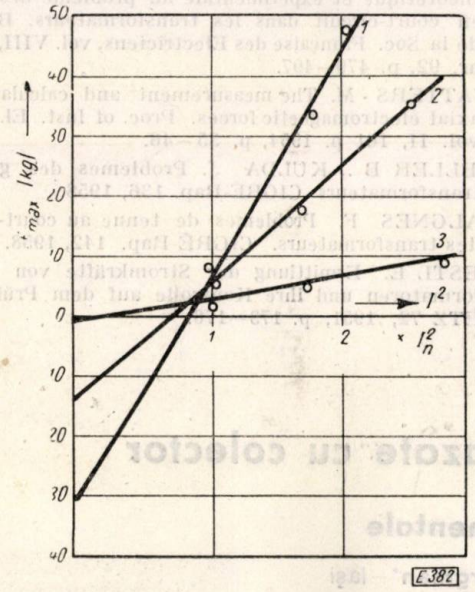


Fig. 8. Forțele $F'_{max\,\xi} = f(I^2)$.

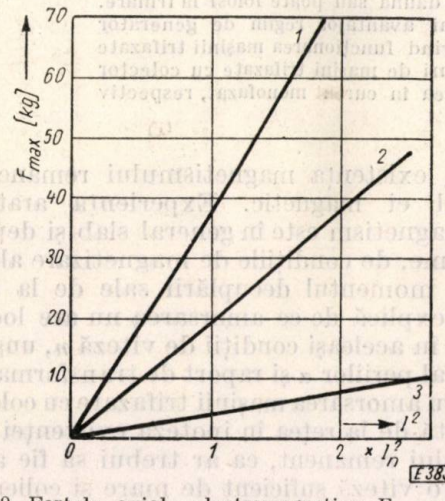


Fig. 9. Forțele axiale electromagnetice $F_{max\,\xi} = f(I^2)$.

conexiuni încercate, în funcție de pătratul curentului I^2. În figura 9 s-a reprezentat grafic forța $F_{max\,\xi}$ în funcție de pătratul curentului; forța constantă F s-a determinat grafic.

c. *Calculul analitic al forțelor axiale la transformatorul încercat*

La transformatorul de 10 MVA încercat, s-au calculat forțele axiale în condițiile de încercare și la curentul nominal.

Astfel, pentru calculul aproximativ al forțelor axiale de comprimare ale porțiunilor superioare și inferioare de înfășurare s-a aplicat formula:

$$F_{c_1} = \pi D_{m_1} \left(\frac{\theta_1}{2h}\right)^2 \frac{\mu_0}{2\pi} d \left[\frac{h}{d}\left(1 - \frac{\theta_2}{\theta_1}\right) \ln 2 + \frac{\theta_2}{\theta_1}\left(2 \operatorname{arc\,tg} \frac{h}{d} - \operatorname{arc\,tg} \frac{h}{d}\right)\right]. \quad (17)$$

Pentru a ține seama de inegalitatea solenațiilor porțiunilor de înfășurare considerate ca fiind repartizate uniform de influența miezului feromagnetic s-a majorat de două ori forța axială de comprimare care se exercită asupra înfășurării din apropierea miezului (vezi [6]).

Calculul forțelor axiale care tind să deplaseze anumite porțiuni din înfășurare s-a efectuat aplicînd metoda amperspirelor reziduale detaliată, luînd ca bază desenele de execuție ale transformatorului. De influența fazelor vecine s-a ținut seama, majorînd forța care acționează asupra înfășurării din zona ferestrei cu 50%. Forțele s-au calculat pentru o coloană laterală la care s-au determinat experimental forțele.

În tabelă sînt indicate valorile forțelor calculate la curentul nominal, corespunzătoare fiecărei scheme menționate în tabela 5.

Deosebirile dintre forțele rezultante calculate și forțele măsurate, constatate prin compararea

Tabela 5

Schema de conexiuni	F_{compr}		F'		F''		$F = F'_i + F''_m - F'_i - F'_m$
	i.t.	m.t.	i.t.	m.t.	i.t.	m.t.	
1. m.t.+5% i.t.–15%	102	156	97,5	60,5	20,2	12,5	29,8
2. m.t. 0% i.t.–15%	86,5	132	65,5	40,5	19,2	11,9	17,7
3. m.t.–5% i.t.–15%	71	111	41	25,4	18,3	11,35	8,6

valorilor din ultima coloană a tabelei 5 cu valorile care rezultă la I_n din figura 9, provin îndeosebi din faptul că nu s-au efectuat calculele pentru înfășurările reale ale transformatorului, rezultate după execuție.

5. Concluzii

Calculul analitic al forțelor axiale de comprimare și deplasare la transformatoarele cu înfășurări cilindrice coaxiale din galeți sau stratificate se poate efectua aplicînd expresiile de calcul rezultate din metoda amperspirelor reziduale detaliată expusă în lucrare, precum și expresiile deduse pentru forțele proprii de comprimare. Calculul acestor forțe se poate efectua relativ simplu, fără a implica în prealabil determinarea experimentală a reactanței de scăpări, funcție de deplasarea înfășurărilor ca în cazul metodelor semiempirice.

Determinarea experimentală a forțelor axiale se poate face cu o instalație de tipul celei propuse de autori, prezentînd avantajele următoare :

— încercarea se efectuează la valori ale curentului care nu pericliteză termic izolația înfășurărilor ;

— datorită frecvenței proprii ridicate a înfășurărilor, rezultatele experimentale nu sînt afectate de fenomene de rezonanță sau amortizări ;

— instalațiile energetice actuale din laboratoarele de încercări ale fabricilor constructoare pot fi utilizate la determinarea experimentală a forțelor axiale, întrucît metoda nu implică încercarea transformatoarelor în condițiile nominale de funcționare.

Aplicarea acestei metode conduce la evitarea unor investiții importante în laboratoare care să dispună de instalații energetice cu o putere de vîrf de ordinul a 100 000 MVA pentru încercarea transformatoarelor avînd o putere în jurul a 100 MVA.

Bibliografie

[1] CEI — Publication 76/1955, Recomandations pour les transformateurs de puissance.

[2] CEI — Projet de revision de la Publication 76/1955 de la CEI — Mai 1961.

[3] STENKVISTE., TOVSEKE L. Connaissance actuelles sur la faculté de resistance au court-circuit de transformateurs de grande puissance et commentaires desnormes en vigueur. CIGRÉ-Rap. 106, 1956.

[4] GHEORGHIU I. S., FRANSUA A., MORARU A. Forțele axiale în transformatoare. Ed. Academiei R.P.R., 1953, București.

[5] APETREI C., BĂLĂ C. : Essais experimentaux pour la mesure des forces axiales de court-circuit dans les transformateurs de puissance. CIGRÉ-Rap. 128, 1962.

[6] SALQUES M. F., HOCHART M. B. Contribution théoretique et experimentale au probleme des eforts en court-circuit dans les transformateurs. Bulletin de la Soc. Française des Electriciens, vol. VIII, 1958, nr. 92, p. 479—497.

[7] WATTERS M. The measurement and calculation of axial electromagnetic forces. Proc. of Inst. El. Eng., vol. II, 101 p. 1954, p. 35—46.

[8] HELLER B ., KULDA J. Problemes des grandes transformateurs. CIGRÉ-Rap. 136, 1958.

[9] SALGNES F. Problemes de tenue au court-circuit des transformateurs. CIGRÉ-Rap. 142, 1958.

[10] FESTL E. Ermittlung der Stromkräfte von Transformatoren und ihre Kontrolle auf dem Prüfstand. ETZ 72, 1951, p. 173—176.

Autoexcitarea mașinilor trifazate cu colector

Considerații experimentale

Vasile Corlățeanu și Iosif Bergman* — Iași

Din studiul experimental al autoexcitării mașinilor trifazate cu colector cu trei perii pe perechea de poli se deduc cazurile în care aceasta poate dăuna sau poate folosi la frînare. Rezultatele experimentale confirmă teoria făcută. Cel mai avantajos regim de generator este cel cu sarcina în derivație. Se fac unele observații privind funcționarea mașinii trifazate serie în regim de generator pe rețea. Se prezintă două tipuri de mașini trifazate cu colector cu șase perii pe perechea de poli la care apare autoexcitarea în curent monofazat, respectiv în curent continuu.

1. Încercări experimentale privind autoexcitarea mașinii trifazate cu colector alimentate prin stator cu transformator intermediar cu trei perii pe perechea de polii

1.1. *Obținerea autoexcitării.*

Apariția autoexcitării în cazul mașinii neconectate la o rețea cu f.e.m. este legată în primul rînd de existența magnetismului remanent în circuitul ei magnetic. Experiența arată că acest magnetism este în general slab și depinde, ca mărime, de condițiile de magnetizare ale mașinii în momentul decuplării sale de la rețea. Așa se explică de ce amorsarea nu are loc totdeauna în aceleași condiții de viteză n, unghi de decalaj al periilor α și raport de transformare K.

Pentru amorsarea mașinii trifazate cu colector, decuplată de la rețea în ipoteza existenței magnetismului remanent, ea ar trebui să fie antrenată la o viteză suficient de mare și colierul de perii să fie decalat din poziția de mers în gol

*) Vasile Corlățeanu este profesor de mașini electrice la Institutul Politehnic Iași și conducătorul secției de cercetării tehnice a Academiei R.P.R. Filiala Iași ; Iosif Bergman este asistent la Institutul Politehnic — Iași.

în sensul de rotație. Experiența arată însă că în acest caz se obțin șocuri mari de putere ce pot deteriora mașina.

Experimental, pentru a evita șocurile menționate, autoexcitarea se poate obține în două moduri:

a) În cazurile în care raportul de transformare K este mai mare ca 1, se cuplează mașina ca motor derivație la rețea, unghiul de decalaj al periilor fiind nul, $\alpha = 0$. Dacă sensul tensiunii pe care transformatorul o furnizează în rotor este în așa fel încît motorul se rotește cu o viteză suprasincronă, atunci se decalează periile în sensul de rotație al rotorului pînă ce curentul din rotor atinge aproximativ valoarea sa nominală. Dacă se deconectează motorul de la rețea și se rotește în continuare cu ajutorul unui alt motor, prin circuitele primar și secundar vor circula curenți de autoexcitare. Aceștia se sting fie prin oprirea mașinii, fie prin întreruperea circuitului ei primar sau secundar, fie prin scurtcircuitarea uneia din înfășurările mașinii sau transformatorului.

Dacă sensul tensiunii date de transformator în rotor este în așa fel încît motorul se rotește cu o viteză subsincronă atunci se decalează periile în sens invers sensului de rotație al rotorului. În rest, procedeul rămîne neschimbat.

Trecerea motorului derivație de la o viteză suprasincronă la cea subsincronă, corespunzătoare aceluiași raport de transformare, se poate obține și fără a inversa sensul tensiunii culese de la secundarul transformatorului, decalînd colierul de perii cu 180° el. în sensul de mers. Acest procedeu nu se poate însă aplica practic, deoarece curenții ating valori inadmisibil de mari.

Rezultă că decalajul colierului de perii în sensul de rotație pentru compensarea cos φ la viteze suprasincrone începînd de la $\alpha = 0$ și decalajul acestuia în sens invers sensului de rotație în același scop la viteze subsincrone începînd de la $\alpha = 180°$ are loc în limitele aceluiași unghi de 180° el. Deci studiind autoexcitarea pentru unghiul de decalaj al periilor variind de la 0 la 180° el., se studiază ambele situații de funcționare în regim autoexcitat a motorului derivație (subsincron și suprasincron).

La curbele ce se vor prezenta s-a notat cu $\alpha = 0$ poziția colierului, corespunzătoare vitezei suprasincrone, și cu $\alpha = 180$ el. poziția colierului corespunzătoare vitezei subsincrone, ambele în regim de motor necompensat. Motorul va funcționa compensat pentru $\alpha > 0°$ în regim suprasincron și pentru $\alpha < 180°$ el. în regim subsincron.

b) Pentru raportul de transformare K apropiat de 1, aplicarea procedeului de autoexcitare descris mai sus devine dificilă, deoarece viteza suprasincronă este apropiată de dublul vitezei sincrone, deci inadmisibilă din punct de vedere mecanic. Cînd sensul tensiunii date de transformator în rotor corespunde vitezelor subsincrone, viteza de rotație a motorului este nulă sau apropiată de zero.

Pentru a putea studia în acest caz autoexcitarea se antrenează mașina trifazată cu colector la o viteză mică și se cuplează la rețea ca mașină serie. Apoi se decalează colierul de perii în sensul de rotație și se obține astfel regimul de funcționare ca generator serie pe rețea. Autoexcitarea apare în acest caz imediat și se manifestă printr-o creștere bruscă a curentului din circuitul secundar. Se decuplează în acest moment mașina de la rețea și se scurtcircuitează repede circuitul său primar.

La menținerea sensului de rotație, pentru a obține funcționarea în regim de generator serie, decalarea periilor trebuie făcută în același sens ca și pentru a obține compensarea factorului de putere la motorul trifazat derivație în funcționarea suprasincronă. Deci în ambele cazuri este necesară decalarea în avans a cîmpului învîrtitor al rotorului în raport cu cel al statorului.

Se consideră pozitive valorile lui α obținute prin decalarea colierului de perii în sensul de rotație al rotorului din poziția $\alpha = 0$. Prin urmare vom considera negative unghiurile α corespunzătoare funcționării mașinii serie ca motor.

Trebuie să remarcăm aici deosebirea dintre funcționarea mașinii cu sau fără transformator intermediar. În prezența transformatorului intermediar întreruperea unei faze în circuitul primar sau secundar duce la stingerea fenomenului de autoexcitare; dacă transformatorul intermediar ar lipsi la întreruperea unei faze, curentul autoexcitat în cele două faze rămase neîntrerupte ar deveni curent continuu [2].

În regim de autoexcitare, sensul puterii electrice măsurate la bornele înfășurării statorului este invers sensului acestei puteri în funcționarea ca motor. Rezultă că puterea mecanică primită prin arbore de la motorul de antrenare trece prin întrefier în stator și de aici pe cale electrică prin transformatorul intermediar în rotor. Deci în cazul autoexcitării mașinii alimentate prin stator rotorul joacă în special rolul de sistem inductor și statorul joacă rolul de indus.

1.2. *Mașina trifazată derivație deconectată de la rețea, în regim autoexcitat*

Se vor prezenta principalele rezultate experimentale obținute cu ocazia studiului acestui fenomen și concluziile ce se desprind din acestea.

Încercările experimentale s-au efectuat pe un motor trifazat serie cu colector cu trei perii pe perechea de poli de 1/1,5/3,1 kW; 1 750/1500/800 rot/min cu transformator intermediar de 6 kVA cu prize reglabile la secundar. Transformatorul are tensiunea primară de 380 V și permite a obține rapoarte de transformare globale (motor + transformator) $K = 0{,}5-10$.

În fig. 1 s-au reprezentat curbele de variație ale tensiunii U_1 la bornele unei faze a înfășurării statorului în funcție de unghiul de decalaj al periilor α pentru diverse valori con-

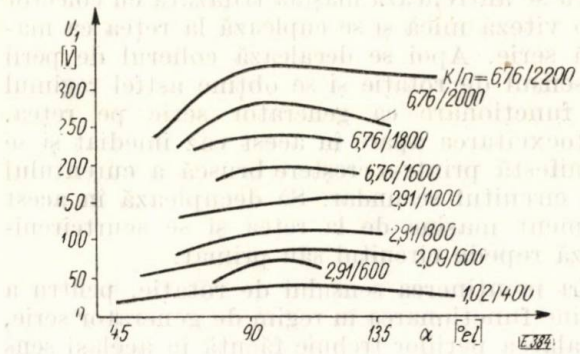


Fig. 1. Variația tensiunii primare a mașinii autoexcitate în funcție de unghiul de decalaj al periilor, pentru diverse rapoarte de transformare și viteze.

stante ale raportului de transformare și ale vitezei. Astfel pentru $K = 6{,}76$ s-au trasat patru curbe (la $n = 1\,600$; $1\,800$; $2\,000$; $2\,200$ rot/min), pentru $K = 2{,}91$ trei curbe (la $n = 600$; 800 ; $1\,000$ rot/min), iar pentru $K = 2{,}03$ și $K = 1{,}02$ cîte o singură curbă la $n = 600$ rot/min, respectiv 400 rot/min; vitezele au fost alese pentru a se obține funcționarea mașinii în limite cît mai largi de variație a unghiului α.

Din analiza curbelor prezentate precum și a altor date experimentale neprezentate se pot deduce următoarele concluzii:

Tensiunile și curenții de autoexcitare cresc cu creșterea vitezei.

Curbele $U_1 = f(\alpha)$ trec prin cîte un maxim, ceea ce este valabil și pentru curenții primari și secundari. Pentru $\alpha > 90°$ mașina se menține autoexcitată pentru o gamă mai mare de valori ale decalajelor decît pentru $\alpha < 90°$.

Din relația (14) a lucrării precedente s-a dedus că condiția optimă de autoexcitare (unde se obțin tensiuni și curenți maximi) este la $\alpha = 90°$ el. Curbele obținute experimental ne arată că la rapoarte de transformare mai mici și la viteze relativ mari, maximele curbelor $U_1 = f(\alpha)$ se deplasează spre valori mai mari ale lui α.

Toate constatările cu privire la nesimetria parametrilor de funcționare față de $\alpha = 90°$ se explică prin faptul că expresia impedanței (11) nu este simetrică în raport cu $\alpha = 90°$ el.

Limitele între care poate varia α fără ca mașina să se dezexcite cresc cu mărirea vitezei, datorită creșterii tensiunii.

Cînd raportul de transformare K crește, iar viteza și unghiul de decalaj al periilor rămîn constante, tensiunea U_1 crește.

În fig. 2 s-au reprezentat curbele de variație ale vitezei de rotație a mașinii, pentru care curentul de autoexcitare din primar este de 4A, în funcție de unghiul de decalaj al periilor α pentru rapoartele de transformare $K = 1{,}02$; $1{,}44$; $2{,}03$; $2{,}91$.

Se observă că la creșterea unghiului α de decalaj al colierului de perii trebuie micșorată viteza pentru a obține aceeași curenți la $K = \text{const}$. De asemenea, la $\alpha = \text{const}$, viteza la care se obține un anume curent I_1 crește cu creșterea raportului de transformare K. Aceasta se explică prin faptul că cu creșterea raportului de transformare K, prin micșorarea numărului de spire din secundarul transformatorului, scade cuplajul electromagnetic dintre stator și rotor, ceea ce confirmă concluziile ce au rezultat din analiza relației 14 din lucrarea precedentă.

Experiența arată că la unghiuri mici de decalaj ale periilor α viteza trebuie să varieze în limite largi, pentru ca curenții și tensiunile să varieze de la valoarea lor minimă corespunzătoare autoexcitării stabile pînă la valorile lor maxime admisibile. Din date neprezentate în articol rezultă că pentru $K \geqslant 2$ și $\alpha < 45°$ se obțin curenți și tensiuni de autoexcitare de valori admisibile chiar la viteze de rotație mai mari decît cea corespunzătoare vitezei suprasincrone de mers ca motor derivație la mers în gol.

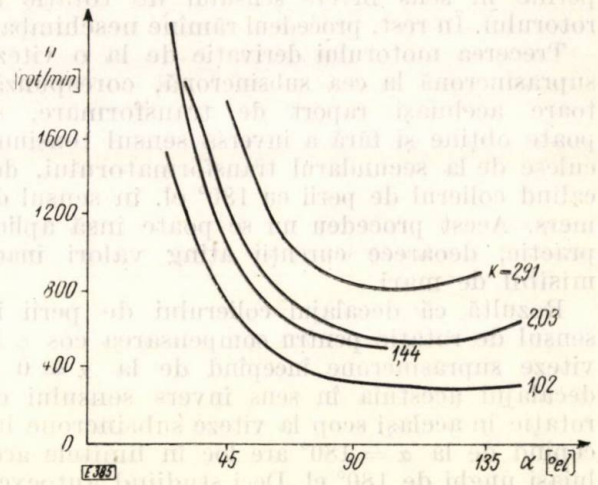


Fig. 2. Curbele de variație a vitezei la care se obține în primar curentul de autoexcitare de 4 A, în funcție de decalajul periilor, pentru diverse rapoarte de transformare.

Se știe că pentru $\alpha < 45°$ se obține o compensare acceptabilă a factorului de putere în funcționarea ca motor derivație. Deci în acest caz autoexcitarea la decuplarea de la rețea nu prezintă inconveniente.

Pentru $1 \leqslant K < 2$ la $\alpha < 45°$ valorile nominale ale curenților și tensiunilor de autoexcitare sînt atinse pentru viteze mult mai mici decît vitezele suprasincrone corespunzătoare motorului la mers în gol. Prin urmare la un motor trifazat derivație funcționînd cu un asemenea raport de transformare, autoexcitarea la decuplare poate periclita mașina.

La vitezele subsincrone, din cauza variațiilor mari ale curenților de autoexcitare la variații

mici de viteză, compensarea factorului de putere prin decalarea periilor în funcționarea ca motor poate duce la deteriorarea mașinii din cauza autoexcitării ei la decuplarea de la rețea.

Fenomenul de autoexcitare al mașinii trifazate derivație cu colector poate fi folosit pentru frînarea ei în modul următor :

Înainte de decuplarea mașinii de la rețea se decalează colierul de perii în sensul compensării factorului de putere. Astfel ea rămîne autoexcitată după decuplare, iar cuplul de frînare poate fi reglat schimbînd poziția colierului sau raportul de transformare. În acest caz toată energia se consumă în mașina însăși, iar încălzirea exagerată limitează posibilitățile de frînare. Procedeul acesta nu prezintă însă suficientă siguranță, din cauză că autoexcitarea este funcție de magnetismul remanent care nu are totdeauna aceeași valoare.

În fig. 3 s-au reprezentat comparativ pentru diferite situații curbele de variație ale frecvenței curenților de autoexcitare obținute ex-

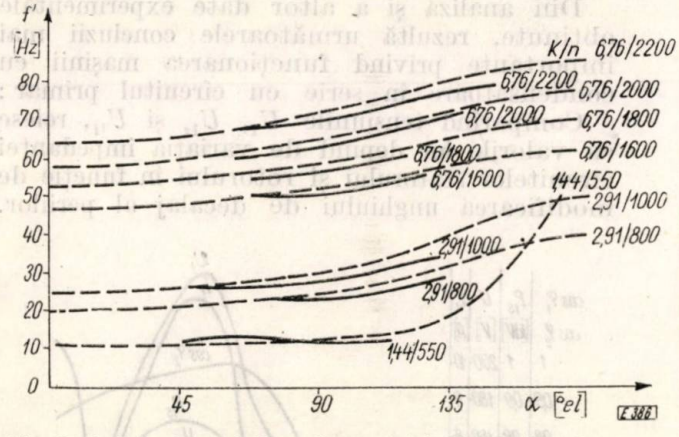


Fig. 3. Curbele de variație a frecvenței în funcție de decalajul periilor pentru diverse rapoarte de transformare și viteze :
——— determinate experimental ;
– – – – – – calculate cu relația (16).

perimental (linii pline) și cele calculate cu ajutorul relației (16), articolul precedent (linii punctate).

Faptul că valorile calculate sînt în genere puțin mai mari decît cele măsurate se explică prin aceea că la deducerea relației (16) s-a neglijat din expresia frecvenței coeficientul τ care ține seama de fluxurile de scăpări. Această funcționare fiind de fapt un regim de scurt-circuit, neglijarea fluxurilor de scăpări introduce unele erori însă pentru domeniul în care amorsarea este practic posibilă, acestea se situează în limite admisibile.

Din fig. 3 se vede modul de variație al frecvenței curenților de autoexcitare f' în funcție de viteză, decalajul periilor și raportul de transformare, ceea ce confirmă rezultatele obținute din relația (16) a articolului precedent.

Porțiunile de curbă pentru aproximativ $\alpha < 45°$ și $\alpha > 160°$ nu au putut fi obținute experimental, deoarece mașina se dezamorsa.

1.3. *Mașina autoexcitată avînd o sarcină în serie cu circuitul primar*

Pentru a putea vedea influența sarcinii asupra funcționării mașinii se vor prezenta unele rezultate experimentale obținute, și concluziile respective.

În fig. 4 s-au reprezentat curbele : I_1, I_2, U_1, U_{1s}, U_{1t}, P_a, P_{1s}, P_2 $\cos\varphi_1$ $\cos\varphi_2$, f' și $\eta = f(r_u)$ pentru $K = 1{,}02$, $\alpha = 25°$ și $n = 1\,200$ rot/min, unde : I_1 și I_2 sînt curenții din primar și secundar ; U_1, U_{1s} și U_{1t} tensiunile la bornele rezistenței, ale înfășurării statorului și ale înfășurării primare a transformatorului ; P_a, P_{1s}, P_2 puterile absorbite, la bornele înfășurării statorului și din circuitul secundar ; $\cos\varphi_1$ și $\cos\varphi_2$ factorii de putere din circuitele primar și secundar, f' frecvența, η randamentul și r_u rezistența reostatului de sarcină.

Curbele tensiunilor, curenților și puterilor prezintă cîte un maxim cu variația rezistenței de sarcină.

Curba factorului de putere primar prezintă maximul pentru aceeași valoare a rezistenței pentru care factorul de putere secundar prezintă un minim.

Constatarea că puterea din circuitul secundar P_2 variază puțin cu variația rezistenței se explică prin faptul că această putere reprezintă puterea de alunecare, care la flux constant depinde de viteză. În cazul nostru viteza s-a menținut constantă însă fluxul a variat cu variația f.e.m., ceea ce justifică micile variații ale acestei puteri.

Curba randamentului admite un maxim, dar valorile acestuia sînt sub 0,2, ceea ce constituie un dezavantaj evident pentru funcționarea în regim de generator.

Frecvența se menține aproximativ constantă, ceea ce corespunde considerațiilor teoretice [2, 3]. Ușoara modificare a frecvenței se explică prin variația inductanțelor principală și de scăpări, datorită saturației.

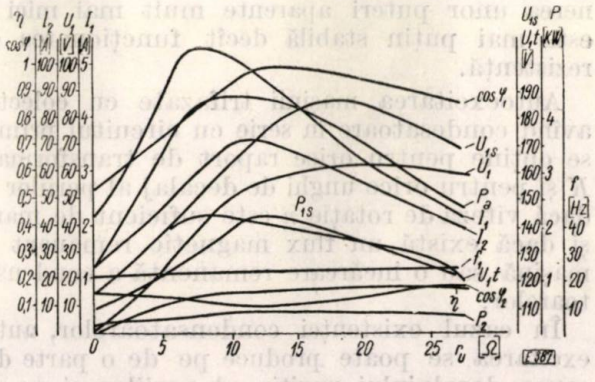


Fig. 4. Caracteristicile mașinii autoexcitate avînd o sarcină activă în serie cu circuitul primar.

Comportarea mașinii în regimul studiat este analogă cu aceea a generatorului serie de curent continuu.

În fig. 5 s-au reprezentat în aceleași condiții ca și în fig. 4 curbele de variație ale parametrilor

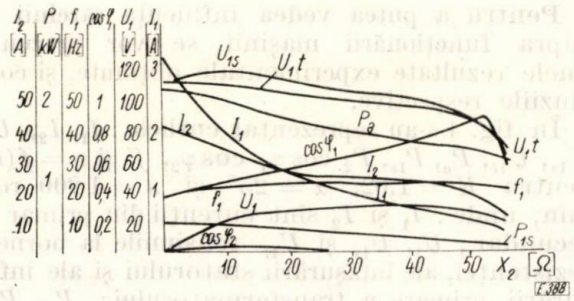


Fig. 5. Caracteristicile mașinii autoexcitate avînd o sarcină inductivă în serie cu circuitul primar.

mașinii în funcție de valoarea reactanței inductive de sarcină X_L montată în serie cu circuitul primar.

Cînd inductanța crește curenții I_1 și I_2 scad datorită efectului demagnetizant produs în mașină de componenta lor reactivă, în timp ce la funcționarea cu rezistența în serie acești curenți admit un maxim.

Curba tensiunii la bornele inductanței $U_1 = f(X_L)$ are forma asemănătoare cu cea din cazul rezistenței, însă tensiunile ce se pot atinge în acest caz sînt mult mai mici decît tensiunile ce se obțin în cazul anterior.

Circulația puterilor în mașină este aceeași ca și în cazul sarcinii ohmice însă pentru a obține o anumită putere aparentă la bornele inductanței este necesară o putere absorbită P_a mai mare, datorită creșterii pierderilor electrice.

Frecvența curenților de autoexcitare scade puțin cu creșterea inductanței de sarcină, ceea ce concordă cu relația (18) din lucrarea precedentă [13]. Față de valorile frecvenței obținute experimental, valorile determinate prin calcul cu relația (18) din [13] diferă cu cel mult 10%.

Dacă se compară comportarea mașinii în cele două regimuri studiate, se constată că funcționarea cu inductanțe în serie permite obținerea unor puteri aparente mult mai mici și este mai puțin stabilă decît funcționarea cu rezistență.

Autoexcitarea mașinii trifazate cu colector avînd condesatoare în serie cu circuitul primar se obține pentru orice raport de transformare K și pentru orice unghi de decalaj al periilor α, dacă viteza de rotație n este suficient de mare, și dacă există un flux magnetic remanent în mașină sau o încărcare remanentă a condensatoarelor.

În cazul existenței condensatoarelor, autoexcitarea se poate produce pe de o parte din cauza decalajului pozitiv al periilor și pe de altă parte din cauza prezenței în circuit a inductanțelor și condensatoarelor în serie. La unghiuri de decalaj negative, autoexcitarea se datorește numai prezenței inductanțelor și condensatoarelor în serie, deci condițiile de autoexcitare sînt mai favorabile pentru unghiuri α pozitive.

În acest caz de funcționare a mașinii autoexcitate există posibilitatea ca ea să rămînă amorsată și la întreruperea unei faze în circuitul secundar, ceea ce nu era posibil la funcționarea fără condensator.

În fig. 6 s-au reprezentat ca exemplu curbele I_1, I_2, U_1, U_{1s}, U_{1t}, P_{1s}, cos φ_1 și cos φ_2 în funcție de α pentru valoarea capacității pe fază $C = 148\ \mu F$, raportul de transformare $K = 2{,}03$ și viteza de rotație $n = 400$ rot/min. Curbele au putut fi trasate pentru α cuprins între $-135°$ și $+135°$, în afara acestor limite mașina dezexcitîndu-se la această viteză. Curbele nu sînt simetrice în raport cu $\alpha = 0$. Curbele curenților, tensiunilor, puterilor și factorului de putere secundar admit un maxim pentru $\alpha \geqslant 0$, iar factorul de putere primar crește continuu.

Din analiza și a altor date experimentale obținute, rezultă următoarele concluzii mai importante privind funcționarea mașinii cu condensatoare în serie cu circuitul primar:

Comparînd tensiunile U_1, U_{1s} și U_{1t}, reiese că valorile lor depind de variația impedanței circuitelor statorului și rotorului în funcție de modificarea unghiului de decalaj al periilor.

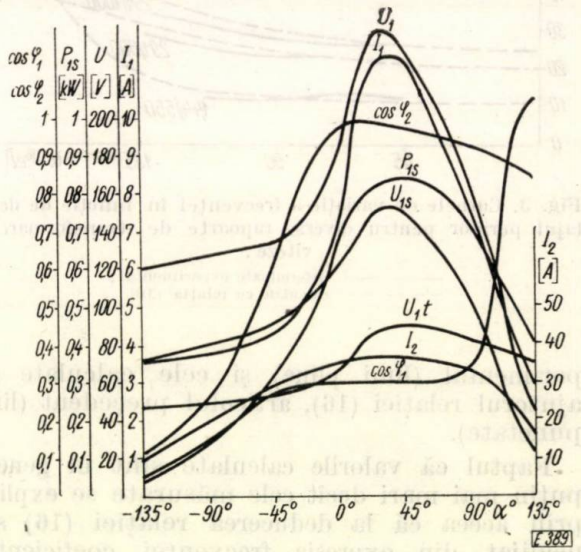


Fig. 6. Variația parametrilor mașinii autoexcitate, avînd condensatoare în serie cu circuitul primar, în funcție de unghiul de decalaj al periilor.

Unghiurile de decalaj ale periilor la care se obțin valorile maxime pentru curenții primari diferă de acelea la care au loc maximele curenților secundari sau ale tensiunilor la bornele condensatorului. Aceasta se datorește parametrilor diferiți ai circuitelor primar și secundar.

De asemenea curbele curenților și tensiunilor nu sînt simetrice față de vreo valoare a unghiului de decalaj al periilor, ceea ce se explică tot prin nesimetria expresiei impedanței.

În primar se obțin puteri aparente mai mari, la valori mai mici ale puterii absorbite de la motorul de antrenare, în cazul unghiurilor pozitive de decalaj al periilor, decît al celor negative. Deci funcționarea pe condensatoare la α negativ este convenabilă în regimul de generator, iar la α pozitiv este avantajoasă la frînare.

La creșterea raportului de transformare K, cresc curenții și tensiunile din primar și scad curenții din secundar.

Aceleași valori ale curenților și tensiunilor la bornele condesatorului se obțin pentru viteze mai mici pe măsură ce unghiul de decalaj al periilor α crește de la 0 la 90° sau scade dela 180 la 90°.

Pentru aceiași K și α se obțin curenți și tensiuni de autoexcitare, de valori admisibile pentru mașină, la viteze de rotație cu atît mai mici cu cît capacitatea condensatorului este mai mare, deoarece puterea reactivă dată mașinii de către condesator crește cu creșterea capacității.

Frecvențele curenților de autoexcitare măsurate coincid cu cele calculate cu relația (19) din [13] cu aproximație satisfăcătoare.

Frecvența curenților de autoexcitare scade cu creșterea reactanței de sarcină, indiferent dacă aceasta este inductivă sau capacitivă.

1.4. *Mașina autoexcitată avînd o sarcină în derivație cu circuitul primar*

Pentru a putea studia funcționarea mașinii avînd o sarcină activă sau reactivă legată în paralel cu înfășurarea primară, cuplarea impedanței de sarcină se face numai după ce mașina este autoexcitată. Această operație este necesară în special cînd sarcina este activă sau inductivă, pentru că prezența ei în paralel cu înfășurarea primară face mai dificilă autoexcitarea mașinii.

Se va analiza mai întîi funcționarea cu rezistențe conectate în derivație cu înfășurarea primară a mașinii și apoi se va compara această funcționare cu aceea cînd în paralel sînt conectate condensatoare sau inductanțe.

Ca și în cazul funcționării cu condensatoare în serie, autoexcitarea mașinii trifazate cu colector avînd condensatoare în derivație cu circuitul primar este posibilă pentru orice valori ale unghiului de decalaj al periilor și ale raportului de transformare global.

Pentru funcționarea cu rezistență în derivație s-au reprezentat în fig. 7 curbele : I_1, I_2, U_1, P_a, P_2 P_u cos φ_1, cos φ_2, η în funcție de curentul din circuitul de utilizare I_u la viteza de rotație $n = 875$ rot/min, unghiul de decalaj al periilor $\alpha = 64°$ și raportul de transformare $K = 2{,}91$.

Curenții I_1 și I_2 cresc odată cu creșterea curentului I_u însă I_1 crește mai repede decît I_2.

Tensiunea U_1 la bornele utilizării scade mult cu creșterea sarcinii din cauza întrefierului mic al mașinii.

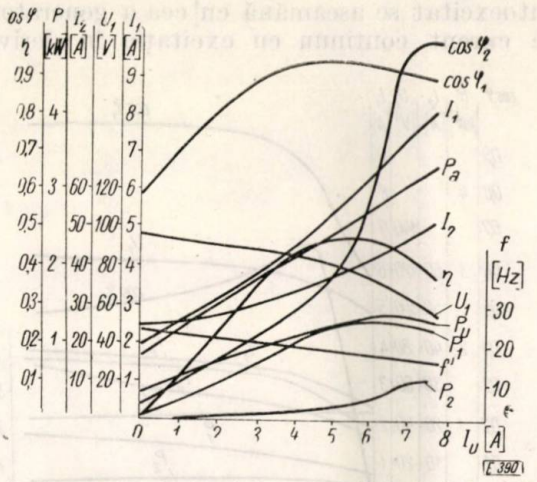


Fig. 7. Caracteristicile mașinii autoexcitate avînd o sarcină activă în derivație cu circuitul primar.

Spre deosebire de cazul funcționării cu rezistență în serie în cazul rezistenței în derviație, frecvența f' scade cu creșterea sarcinii.

Curba puterii P_u consumată în utilizare și cea a puterii debitate de stator P_1 au cîte un maxim. Micșorarea puterilor la curenți mari de sarcină se explică prin creșterea căderilor de tensiune.

Pentru curenți mici de utilizare rotorul absoarbe, prin transformator, putere de la stator. Acest consum de putere scade cu creșterea curentului de sarcină, iar la curenți mari rotorul devine și el generator. În fig. 7 nu s-a mai prezentat porțiunea de sub axa absciselor a puterii P_2.

Curbele factorilor de putere a circuitelor primar și secundar cos φ_1 și cos $\varphi_2 = f(I_u)$ prezintă maxime. În cele două cazuri de funcționare cu rezistența în derivație și în serie factorul de putere al circuitului primar variază aproximativ între aceleași limite. În schimb factorul de putere cos φ_2 în funcționare ca generator cu rezistența în derivație este mult mai ridicat și cu atît mai bun cu cît sarcina este mai mare.

Randamentul η atinge în acest caz valoarea maximă de 0,5, deci este mult mai bun în comparație cu randamentul mașinii în funcționarea cu rezistențe în serie unde acesta nu depășea 0,2.

Din alte încercări experimentale rezultă că pentru unghiuri de decalaj ale periilor mai mici și prin urmare la viteze mai ridicate se obțin la aceiași curenți de sarcină I_u, tensiuni primare U_1 mai mari și randamente mai ridicate. Astfel pentru $K = 2{,}91$, $\alpha = 45°$ și $n = 1\,400$ rot/min, randamentul maxim în regim de generator cu rezistențe în derivație depășește 0,7.

Folosirea mașinii trifazate cu colector ca generator independent în regim autoexcitat este evident mai avantajoasă în funcționarea cu sarcina în derivație, decît cu ea în serie.

Comportarea generatorului derivație trifazat autoexcitat se aseamănă cu cea a generatorului de curent continuu cu excitația în derivație.

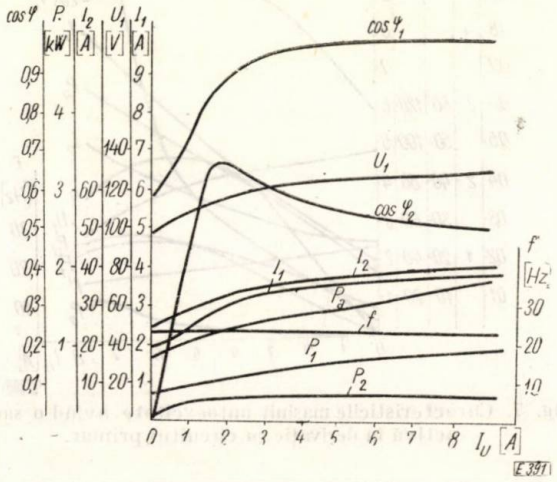


Fig. 8. Caracteristicile mașinii autoexcitate avînd condensatoare în derivație cu circuitul primar.

Pentru a examina comportarea mașinii trifazate în aceleași condiții ca în fig. 7, dar avînd condesatoare în paralel cu circuitul primar, s-au prezentat în fig. 8 caracteristicele ei de funcționare.

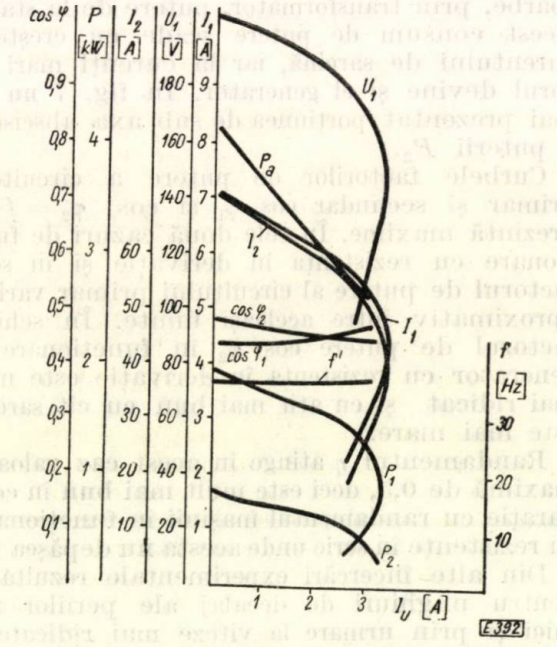


Fig. 9. Caracteristicile mașinii autoexcitate avînd o sarcină inductivă în derivație cu circuitul primar.

Deoarece autoexcitarea nu s-a putut menține cu o sarcină inductivă la viteza din încercarea precedentă, în fig. 10 s-au reprezentat caracteristicile de funcționare pentru aceiași K și α dar pentru viteza $n = 1\,440$ rot/min. Cu toate că viteza a crescut de 1,6 ori curenții de sarcină obținuți au fost mai mici decît în încercările precedente.

Din comparație (fig. 7, 8 și 9), se pot deduce următoarele constatări:

— La sarcină activă, cu creșterea curentului de utilizare, curenții I_1 și I_2 cresc, iar tensiunea U_1 scade. În cazul sarcinii capacitive curenții I_1 și I_2 cresc mult mai puțin, iar tensiunea U_1 se mărește, ceeace se explică prin efectul magnetizant al puterii reactive debitate de condensatoare.

— La sarcină inductivă, curenții I_1 și I_2 și tensiunea U_1 scad, iar căderea de tensiune este mai mare decît în cazul aceluiași curent debitat pe rezistențe.

— Frecvența curenților de autoexcitare scade cu creșterea sarcinii active și se menține constantă în cazul sarcinilor reactive.

— La sarcină inductivă factorul de putere primar este mai mic.

— În cazul sarcinii reactive, puterea activă din mașină păstrează sensul de circulație de la rotor prin întrefier spre stator și de aici prin transformator din nou în rotor ca și în cazul mașinii autoexcitate fără sarcină în derivație. La sarcini active mari puterea din rotor își schimbă însă sensul.

— Puterea activă necesară mașinii pentru funcționarea ei în regim autoexcitat cu sarcina în derivație este mai mică pentru condensatoare și mult mai mare pentru inductanțe decît în cazul rezistențelor.

— Funcționarea cu inductanțe în derivație este cea mai puțin stabilă. De asemenea, dacă curenții de sarcină activi cresc peste anumite limite se produce dezexcitarea.

— Numai funcționarea în regim autoexcitat cu condensatoare în derivație poate avea loc pentru orice valoare a sarcinii.

1.5. *Mașina trifazată cu colector în regim de generator serie pe rețea*

Se știe [2], [10], [12] că acest regim de funcționare este însoțit de apariția în mașină a curenților de autoexcitare de frecvență mică, străină de a rețelei, din care cauză funcționarea normală ca generator întîmpină dificultăți.

Din încercările experimentale efectuate, rezultă că pentru a putea obține funcționarea mașinii trifazate cu colector în acest regim este util să se lucreze cu unghiuri mici de decalaj ale colierului de perii și cu viteze mari de rotație. Dacă nu se procedează așa, curenții de autoexcitare cresc inadmisibil, înainte ca mașina să înceapă a debita putere activă în rețea.

Pentru punerea în evidență a curenților de autoexcitare, s-a introdus în serie cu circuitul secundar un ampermetru cu magnet permanent.

La apariția curentului de autoexcitare, de frecvență străină, acul acestui ampermetru începe să oscileze.

Dacă se trasează curbele de variație ale curenților și puterilor debitate de mașină în rețea în funcție de viteza de rotație a mașinii la K și α constanți se constată că autoexcitarea, la unghiuri α mici, se menține numai pentru puteri mici debitate, adică pînă la un anume grad de saturație a circuitului magnetic. Dispărînd curentul de frecvență străină, curentul total debitat scade cu creșterea vitezei. De la un anumit moment, creșterea vitezei și ca urmare creșterea tensiunii U_{1s} duce la creșterea rapidă a puterii debitate.

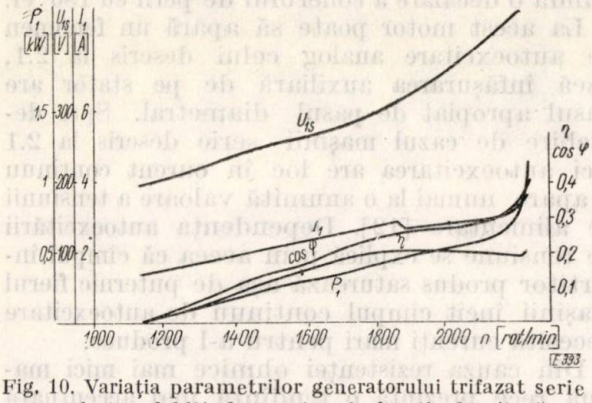


Fig. 10. Variația parametrilor generatorului trifazat serie cu colector, debitînd pe rețea, în funcție de viteză.

Factorul de putere față de rețea cos φ și randamentul η sînt mici.

În fig. 10 s-au reprezentat curbele de variație ale curentului I_1 din primar, ale tensiunii U_{1s} la bornele înfășurării statorului, ale puterii debitate în rețea P_1, ale factorului de putere cos φ față de rețea și a randamentului η, funcție de viteza de rotație n, la $K = 1{,}02$ și $\alpha = 25°$.

2. Autoexcitarea mașinii trifazate cu colector cu șase perii pe perechea de poli

În anumite montaje ale mașinilor cu șase perii pe perechea de poli apar, în afară de autoexcitarea descrisă la mașina cu trei perii, și alte manifestări ale acestui fenomen. În literatură [2], [5], [12] sînt descrise diversele aspecte ale autoexcitării mașinilor trifazate cu colector cu șase perii pe perechea de poli și mijloacele de eliminarea a acestora.

2.1. *Mașina serie*

În fig. 11 este reprezentată o schemă de motor trifazat serie cu colector cu șase perii pe perechea de poli, avînd înfășurările, primară a transformatorului în serie cu cea a statorului motorului, montate împreună în triunghi. La acest montaj poate să apară autoexcitarea în regim de motor. Montarea în triunghi a circuitului primar este utilă adeseori pentru mărirea vitezei de rotație a motoarelor serie, iar construirea acestora cu șase perii pe perechea de poli prezintă interes la motoarele mari, deoarece se reduc dimensiunile colectorului.

La mașina descrisă autoexcitarea în regim de motor are loc în curent monofazat de frecvență joasă, spre deosebire de cazul mașinii cu trei perii pe perechea de poli la care curenții de autoexcitare formează un sistem trifazat. Acest fenomen de autoexcitare apare și la mașina deconectată de la rețea. Curenții de autoexcitare circulă prin cele trei faze ale înfășurării primare ca și cum acestea ar fi montate în serie.

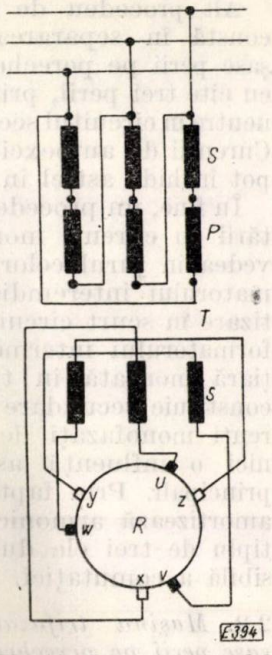


Fig. 11. Schema motorului trifazat serie avînd înfășurările primare în triunghi.

Repartiția forței magnetomotoare arată că apar de trei ori mai multe perechi de poli decît la înfășurarea trifazată normală corespunzătoare atît în stator cît și în rotor. Curenții de autoexcitare produc în circuitul secundar efecte analoge ca în primar. La poziții ale periilor, la care înfășurarea rotorului prezintă aceeași repartiție de curenți ca și în înfășurarea statorului, aceste cîmpuri cu număr triplu de poli nu pot apare. Pozițiile periilor de 0°, 60°, 120° și 180° față de axa înfășurării statorului corespund condiției de mai sus dacă toate periile se decalează solidar. Zona dintre pozițiile periilor de 60 și 120° nu prezintă autoexcitație, în timp ce pozițiile de 30 și 150° prezintă pericolul maxim de autoexcitație. Aceasta este valabil atît pentru cazul în care periile se decalează solidar cît și pentru cazul cînd un rînd de perii rămîne fix în axa statorului și se decalează celălalt. În primul din cele două cazuri tendința spre autoexcitare este maximă [2].

Pentru a suprima autoexcitarea se poate mări saturația sau se pot introduce rezistențe în serie cu circuitul primar sau secundar. În ambele cazuri însă se înrăutățesc caracteristicele mașinii, saturația ducînd la scăderea factorului de putere, iar introducerea rezistențelor, la scăderea randamentului. Trebuie remarcat că pentru suprimarea autoexcitării în funcționarea ca motor a mașinii serie cu șase perii pe perechea de poli sînt necesare rezistențe de valori mai mici decît în cazul autoexcitării aceleiași mașini cu curenți trifazați, de frecvență joasă în regimul de generator.

Dacă se alege pasul înfășurării statorului egal cu 2/3 din pasul polar atunci f.m.m. produse de curenții de autoexcitare în cele două straturi ale înfășurării se anulează reciproc și astfel autoexcitarea este complet înlăturată. Scurtarea pasului la 2/3 din pasul polar face să crească mult armonicele cîmpului deci duce la înrăutățirea comutației.

Alt procedeu de suprimare a autoexcitării constă în separarea circuitului secundar cu șase perii pe perechea de poli în două circuite cu cîte trei perii, prin realizarea a două puncte neutre în circuitul secundar al transformatorului. Curenții de autoexcitare monofazați nu se mai pot închide astfel în circuitul secundar.

În fine, un procedeu de înlăturare a autoexcitării cu curenți monofazați constă în a prevedea în jurul celor trei coloane ale transformatorului interemdiar al unei spire de amortizare în scurt circuit sau în construirea transformatorului intermediar cu o înfășurare terțiară montată în triunghi. Aceste înfășurări constituie secundare în scurtcircuit pentru curenți monofazați de autoexcitare, dar nu au nici o influență asupra curenților trifazați principali. Prin faptul că asemenea înfășurări amortizează armonicile de ordinul trei și multiplu de trei ele duc la o îmbunătățire sensibilă a comutației.

2.2. *Mașina trifazată cu colector derivație cu șase perii pe perechea de poli cu reglajul vitezei prin regulator de inducție simplu montat pe el*

Această mașină are pe stator înfășurarea principală legată la rețea și o înfășurare trifazată auxiliară montată în serie cu înfășurarea secundară a regulatorului de inducție simplu și cu cele 6 perii de pe colector (fig. 12).

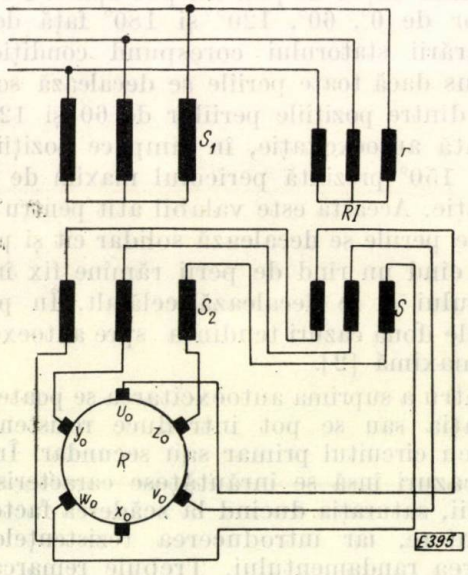


Fig. 12. Schema mașinii trifazate cu colector derivație, cu șase perii pe perechea de poli cu reglajul vitezei prin regulator de inducție.

Regulatorul de inducție este montat deasupra motorului propriu-zis și are înfășurarea primară alimentată de la o aceeași rețea. Mecanismul de acționare a colierelor de perii și a rotorului regulatorului de inducție este construit în așa fel încît la o decalare a rotorului regulatorului de inducție cu 360° el, să corespundă o decalare a colierului de perii cu 180° el.

La acest motor poate să apară un fenomen de autoexcitare analog celui descris la 2.1, dacă înfășurarea auxiliară de pe stator are pasul apropiat de pasul diametral. Spre deosebire de cazul mașinii serie descris la 2.1 aici autoexcitarea are loc în curent continuu și apare numai la o anumită valoare a tensiunii de alimentare [12]. Dependența autoexcitării de tensiune se explică prin aceea că cîmpul învîrtitor produs saturează așa de puternic fierul mașinii încît cîmpul continuu de autoexcitare necesită curenți mari pentru a-l produce.

Din cauza rezistenței ohmice mai mici mașina rece prezintă o tendință mai accentuată spre autoexcitare.

Autoexcitarea acestei mașini se constată dacă se conectează la o tensiune reglabilă și în circuitul ei secundar se introduce un instrument cu magnet permanent. La apariția autoexcitării instrumentul începe să indice, viteza scade și comutația se înrăutățește. Se consideră că nu există pericol de autoexcitare dacă aceasta nu apare pentru tensiuni între (0,95—1,05) U_n.

Mijloacele de preîntîmpinare a autoexcitării sînt aceleași ca acelea descrise la 2.1., cu remarca că scurtarea pasului trebuie aplicată înfășurării auxiliare de pe stator. La acest tip de motor nu se poate folosi transformatorul intermediar.

Mașina descrisă aici prezintă o particularitate și la autoexcitarea cu curenți trifazați, ce provine din faptul că axele înfășurărilor din rotor și stator coincid numai la vitezele de rotație maximă și minimă, iar pentru viteza de rotație sincronă unghiul α are chiar valoarea de 90°. Autoexcitarea se folosește la această mașină pentru frînare prin deconectarea ei de la rețea fără a întrerupe celelalte circuite. Pentru a atenua autoexcitarea bruscă la poziții ale periilor apropiate de $\alpha = 90°$ se conectează o rezistență în serie cu înfășurarea primară a regulatorului de inducție.

3. Autoexcitarea mașinii trifazate derivație cu colector alimentate prin rotor

În [9] sînt studiate unele aspecte ale autoexcitării mașinii trifazate cu colector alimentate prin rotor. Se arată acolo că nu se poate obține autoexcitarea mașinii trifazate cu colector cu alimentarea prin rotor la orice viteză de rotație, deoarece f.e.m. datorită magnetismului remanent nu sînt suficiente pentru a produce curenți de autoexcitare.

Studiul funcționării mașinii în regim de motor la viteza de sincronism cînd curenții din secundar sînt continui arată că acest regim, fiind intermediar între funcționarea subsincronă și suprasincronă, are loc fără dificultăți deosebite, oricare ar fi tensiunea de alimentare.

Concluziile privind funcționarea mașinii alimentate prin rotor autoexcitate cu condensatoare sînt asemănătoare cu cele ce se obțin la mașina alimentată prin stator.

Funcționarea în regim de generator pe rețea are loc fără dificultăți și nu se observă apariția autoexcitării.

4. Concluzii

În articolul [13] s-a stabilit pe cale teoretică, iar în prezent se verifică experimental, condițiile în care poate apărea autoexcitarea și se ajunge la următoarele concluzii principale:

— Autoexcitarea în regimul de motor și de generator pe rețea este un fenomen nedorit, el putînd face imposibilă funcționarea mașinilor trifazate cu colector. Preîntîmpinarea autoexcitării mașinilor cu trei perii pe perechea de poli se obține numai prin mărirea saturației sau a rezistențelor ohmice, ceace duce la scăderea factorului de putere și a randamentului.

— Autoexcitarea mașinilor cu șase perii pe perechea de poli cu curenți monofazați sau continui se întîlnește numai în anumite montaje ale acestora și există procedee relativ simple de preîntîmpinare.

— Autoexcitarea mașinilor alimentate prin stator cu trei perii cu curenți trifazați poate fi folosită pentru realizarea de generatoare trifazate autoexcitate, independente.

— Studiile experimentale arată că este mai rațională utilizarea generatoarelor trifazate autoexcitate, independente, cu sarcina în derivație cu circuitul primar. Funcționarea cu sarcină în serie are loc la tensiune variabilă și cu un randament scăzut.

— Autoexcitarea poate fi folosită pentru frînarea motoarelor trifazate cu colector.

— Autoexcitarea mașinilor trifazate cu colector avînd condesatoare în serie sau în derivație cu circuitul primar poate avea loc pentru orice unghi de decalaj al periilor și pentru orice raport de transformare.

Bibliografie

[1] Электрические машины специального назначения. Тесэнергоиздат Москва Ленинград 1960. pag. 118—151.

[2] RICHTER R. Mașini electrice, vol. V (trad. din l. germană). Ed. tehnică București, 1961.

[3] BÖDEFELD T., SEQUENZ H. Elektrische Maschinen, Springer Verlag, Wien, 1949.

[4] KOSTENKO M. P. Mașini electrice speciale, vol. II, E.E.S., Buc. 1955 (trad. din l. rusă).

[5] KOZICEK J. Über Selbsterrengung und deren Verhütung bei Drehstromreihenschlussmaschinen. E.T.Z., 1935, Heft 51, S. 1121.

[6] CORLĂȚEANU V., BERGMAN I., ȘERBAN GH., LEONTE P. și ȘTIRBU V. Autoexcitarea mașinii trifazate cu colector alimentate prin stator, cu trei perii pe perechea de poli. A. Mașina derivație deconectată de la rețea. Buletinul Institutului Politehnic Iași, Seria nouă, tom VI (XI), 1961.

[7] CORLĂȚEANU V., BERGMAN I., ȘERBAN GH., LEONTE P. și ȘTIRBU V. Autoexcitarea mașinii trifazate cu colector alimentate prin stator, cu trei perii pe perechea de poli. Funcționarea mașinii autoexcitate avînd o sarcină în serie cu circuitul primar. Studii și cercetări științifice, seria fizică și științe tehnice, Acad. R.P.R. Filiala Iași, fasc. 2, 1961.

[8] BERGMAN I., CORLĂȚEANU V., ȘERBAN GH., LEONTE P. și ȘTIRBU V. Unele observații privind funcționarea mașinii trifazate autoexcitate alimentate prin stator în regim de generator. Studii și cercetări științifice, seria fizică și științe tehnice, Acad. R.P.R. Filiala Iași, fasc. 2, 1961.

[9] CORLĂȚEANU V., ȘERBAN GH., VASILCIUC M. și BERGMAN I. Autoexcitarea mașinilor trifazate derivație cu colector alimentate prin rotor. Buletinul Institutului Politehnic Iași, seria nouă, tom VI (X) fasc. 1—2, 1960.

[10] MICHAEL W. Theorie der Wechselstrommaschinen in vektorieller Derstellung. B. G. Tebner, Leipzig u. Berlin, 1937, pag. 198—204.

[11] *** Manualul inginerului electrician, vol. II, Ed. tehnică, București, 1954.

[12] NÜRNBERG W. Die Prüfung elektrischer Maschinen. Springer Verlagg, Berlin, 1959.

[13] CORLĂȚEANU V., BERGMAN I. Autoexcitarea mașinilor trifazate cu colector. Revista Electrotehnica 10, 7, — 1962 — București.

Studii asupra izolației echipamentului electric de 110 kV, fabricat în țară

Dorin Costina, Balazs Mathé, Valeriu Stanciu* – Craiova

Articolul reprezintă prima parte a unui studiu teoretic și experimental privind izolația, nivelul de izolație și de producție a echipamentului electric de 110 kV, fabricat de uzina „Electroputere" – Craiova,

În articol se enunță punctul de vedere al uzinei constructoare care se propune spre discuția specialiștilor din institutele de cercetări și proiectări, din organizațiile de montaj și exploatări energetice. Orice progres realizat prin efort comun în această direcție duce la avantaje tehnice și economice considerabile, nu numai în interesul uzinei constructoare (reducerea prețului de cost etc.), ci și în interesul economiei naționale în ansamblu.

În ultimul timp în literatura tehnică de specialitate din străinătate se observă o deosebită înviorare în ceea ce privește discuțiile referitoare la condițiile ce trebuie impuse izolației echipamentului electric de înaltă tensiune. Noua acțiune care a antrenat majoritatea firmelor electrotehnice de profil și care preocupă azi cercuri largi de specialiști, a pătruns în literatura de specialitate sub denumirea „reducerii nivelelor de izolație și de protecție".

Reconsiderarea concepțiilor înrădăcinate în acest domeniu, precum și modificarea esențială a multor standarde naționale (GOST, VDE, CEI, SEV etc.) de valabilitate îndelungată (circa două decenii) a fost posibilă, în primul rînd, datorită perfecționării mijloacelor și metodelor de protecție ale stațiilor contra supratensiunilor. Pe de altă parte, această reconsiderare a fost necesară din motive tehnico-economice (reducerea gabaritului și greutății echipamentului, obținerea unor construcții transportabile mai ușor și amplasabile mai ieftin, reducerea prețului de cost al produselor și al instalațiilor complete) bine întemeiate. Astfel, ca urmare a unor studii și analize profunde, tensiunile de încercare de frecvență industrială și de impuls (statornicite acum un sfert de secol) au început să sufere modificări și completări esențiale în sensul micșorării lor și în sensul unei mai bune corelări între ele; se precizează și se perfecționează metodele de încercare a izolației echipamentului electric de înaltă tensiune, atît în străinătate cît și în țară [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11].

O dată cu trecerea la tensiuni foarte înalte (220 kV și mai mari) se pune problema revizuirii rolului precumpănitor pe care-l joacă supratensiunile externe și tensiunea reziduală la bornele descărcătorului de la intrarea în substație (sau din substație) în stabilirea nivelului de izolație al echipamentului stațiilor și substațiilor electrice [12].

Dezvoltarea fără precedent a electrificării țării face ca problema coordonării izolației echipamentului electric de înaltă tensiune să devină o problemă cheie, atît pentru industrie cît și pentru exploatare, să afecteze esențial întreaga economie națională.

Solicitările izolației echipamentului electric din stații și substații electrice. Supratensiuni

În condițiile normale de exploatare, calea de curent a echipamentului electric se află sub tensiunea nominală de serviciu a rețelei, atingînd cel mult valoarea tensiunii maxime de lucru. Din motive diferite, dependente sau independente de funcționarea rețelei, într-un punct sau într-alt punct al sistemului electroenergetic tensiunea poate să depășească aceste valori normale, pot să apară creșteri de tensiune sau supratensiuni (cele două noțiuni se referă la lucruri distincte) adică cîmpuri electrice periculoase în construcția izolantă.

În funcție de originea lor, supratensiunile se împart în două categorii mari:

1. Supratensiuni externe sau supratensiuni atmosferice.

2. Supratensiuni interne sau supratensiuni de comutație (cea de-a doua difiniție nu este suficient de exactă).

– Cele mai periculoase supratensiuni externe iau naștere în cazul unor lovituri directe de trăsnet în conductoarele liniei aeriene, în stîlpii de susținere (amorsări inverse datorită rezistenței mari de scurgere la pămînt a curentului de trăsnet) și în barele stației sau substației electrice. Supratensiunile produse datorită loviturilor directe de trăsnet pot să atingă într-un punct al sistemului cîteva mii de kV și practic sînt limitate prin rezervele izolației liniilor și prin rezervele izolației externe a stațiilor. Din încercări incomplete rezultă că nivelul de izolație a unei linii de 110 kV din țara noastră (pe stîlpi de beton sau de oțel) este de circa 800–900 kV.

Mai puțin periculoase dar mult mai frecvente sînt acele supratensiuni externe care se datoresc unor lovituri de trăsnet în apropierea liniei aeriene sau a stației electrice (supratensiuni induse). Mărimea acestor supratensiuni

* Colectiv de la uzina „Electroputere"-Craiova.

este de 80—200 kV, în cazul unui trăsnet îndepărat și de 300—500 kV, în cazul unui trăsnet apropiat de linia aeriană [13]. Este interesant de remarcat că valoarea acestor supratensiuni (directe, induse sau datorită amor-

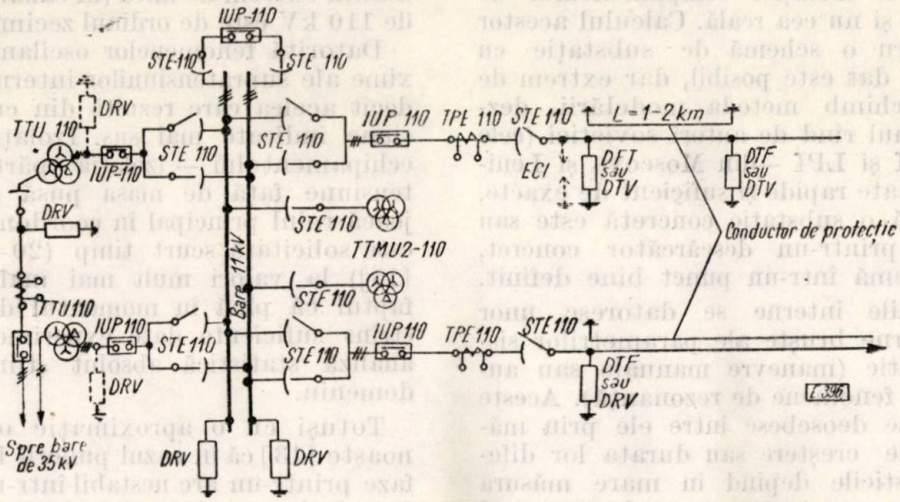


Fig. 1. Schema de protecție contra supratensiunilor atmosferice a unei substații de 110 kV.

sării inverse) nu este proporțională cu tensiunea nominală a rețelei; astfel de tensiuni pot să ia naștere (în funcție de rezervele de izolație ale unei rețele concrete) în rețele de tensiuni nominale diferite.

Echipamentul electric al stațiilor sau substațiilor electrice (în special al stațiilor de 110 kV)

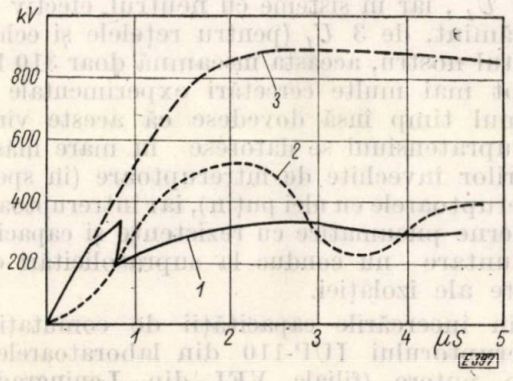


Fig. 2. Curbele de variație a tensiunii la bornele descărcătorului (*1*), transformatorului (*2*) și unda incidentă dinspre linia aeriană (*3*) — în cazul unei substații de capăt.

nu este solicitat de supratensiunile produse de loviturile directe ale trăsnetului, datorită paratrăsnetelor montate în orice stație pentru protecția barelor. Pentru izolația echipamentului stației de 110 kV nu prezintă pericol nici căderea de tensiune pe circuitul de pământare al paratrăsnetului, respectiv amorsarea inversă, datorită scurgerii în pământ a curentului de trăsnet printr-o rezistență de pământ prea mare (face excepție de la această afirmație izolația bobinajelor de medie și joasă tensiune a unui transformator cu trei înfășurări).

Pericolul principal pentru izolația echipamentului stațiilor și substațiilor de 110 kV (transformator de putere, transformatoare de măsură, întreruptor și separator) este prezentat de supratensiuni atmosferice care sosesc dinspre linia aeriană (fig. 1). Tot echipamentul prezentat în schemă este fabricat de uzina „Electroputere".

După cum se vede în figurile 2, 3 și 4 aceste supratensiuni suferă modificări esențiale ca mărime, pantă, durată și formă [14]. Descărcătorul micșorează la valoarea dorită unda inci-

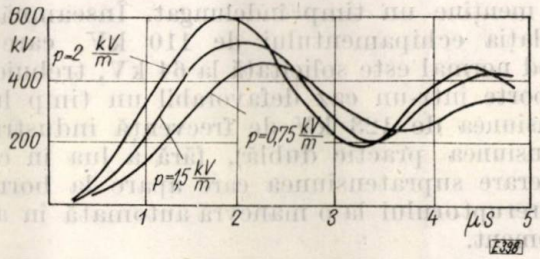


Fig. 3. Curba de variație a tensiunii la bornele transformatorului în cazul solicitărilor la impulsuri de pante diferite.

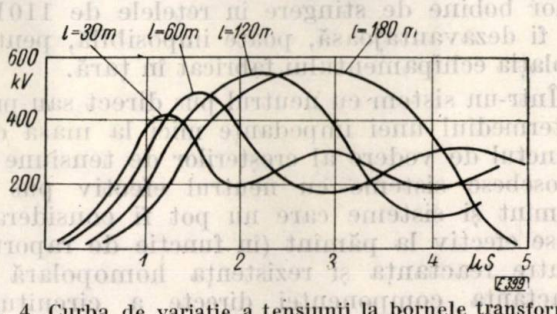


Fig. 4. Curba de variație a tensiunii la bornele transformatorului în cazul solicitării la impuls în funcție de distanța dintre descărcător și transformator.

dentă, dar dacă distanța dintre acesta și echipamentul protejat este apreciabilă (30—100 m) atunci în regim tranzitoriu potențialul în diferitele puncte din stație poate să depășească

potențialul de pe bornele descărcătorului, fenomen care poate să ducă la conturnarea izolației echipamentului din stație.

Binecunoscuta undă de impuls standardizată (1,2/50 μs) reprezintă în general o solicitare convențională a izolației echipamentului de înaltă tensiune și nu cea reală. Calculul acestor solicitări pentru o schemă de substație cu un echipament dat este posibil, dar extrem de laborios. În schimb metoda modelării, dezvoltată în primul rînd de autori sovietici (cele două școli MEI și LPI —din Moscova și Leningrad), dă rezultate rapide și suficient de exacte, arată clar dacă o substație concretă este sau nu protejată printr-un descărcător concret, montat în schemă într-un punct bine definit.

Supratensiunile interne se datoresc unor modificări interne bruște ale parametrilor sistemului energetic (manevre manuale sau automate, avarii, fenomene de rezonanță). Aceste supratensiuni se deosebesc între ele prin mărimea, panta de creștere sau durata lor diferită. Caracteristicile depind în mare măsură de felul în care este tratat punctul neutru al sistemului (neutru izolat, neutru pus la pămînt prin bobine de stingere sau neutru pus direct la pămînt) și de durata regimului de avarie [13].

Într-un sistem cu neutrul izolat sau pus la pămînt printr-o bobină de stingere (Petersen) de exemplu, prin punerea la pămînt a unei faze, potențialul celorlalte faze crește de la tensiunea de fază pînă la tensiunea de linie și se menține un timp îndelungat. Înseamnă că izolația echipamentului de 110 kV, care în mod normal este solicitată la 64 kV, trebuie să suporte într-un caz defavorabil un timp lung tensiunea de 123 kV de frecvență industrială (tensiunea practic dublă), fără a lua în considerare supratensiunea care apare la bornele întreruptorului la o manevră automată în acel moment.

Tocmai din acest motiv, dezlegarea punctelor de neutru al transformatoarelor și introducerea unor bobine de stingere în rețelele de 110 kV ar fi dezavantajoasă, poate imposibilă, pentru izolația echipamentului fabricat în țară.

Într-un sistem cu neutrul pus direct sau prin intermediul unei impedanțe mici la masă din punctul de vedere al creșterilor de tensiune se deosebesc sisteme cu neutrul efectiv pus la pămînt și sisteme care nu pot fi considerate puse efectiv la pămînt (în funcție de raportul dintre reactanța și rezistența homopolară și reactanța componentei directe a circuitului format prin avarie). În cazul sistemului energetic în care neutrul poate să fie considerat efectiv pus la pămînt (cazul sistemului energetic al R.P.R.) tensiunea fazelor sănătoase prin atingerea unei faze de pămînt nu depășește 80%, și într-un caz special $\left(\frac{X_0}{X_1} < 2 \text{ și } \frac{R_0}{X_1} < 0{,}5\right)$ este mai mică decît 75% din tensiunea de linie; creșterea tensiunii de frecvență industrială este de la 64 la 100 sau 93 kV (în cazul cel mai defavorabil) avînd o durată extrem de mică (în cazul echipamentului de 110 kV este de ordinul zecimilor de secundă).

Datorită fenomenelor oscilante, valorile maxime ale supratensiunilor interne sînt mai mari decît acelea care rezultă din creșterile de tensiune indicate mai sus. Izolația principală a echipamentului — izolația părților puse sub tensiune față de masa pusă la pămînt, care joacă rolul principal în coordonarea izolației — este solicitată scurt timp (20—3 000 μs după [15]) la valori mult mai înalte. Se remarcă faptul că pînă în momentul de față nu s-au strîns suficiente date experimentale pentru o analiză statistică absolut științifică în acest domeniu.

Totuși cu o aproximație oarecare se cunoaște [13] că în cazul punerii la pămînt a unei faze printr-un arc nestabil într-un sistem cu neutru izolat se obțin vîrfuri de supratensiuni de 3,5 ori mai mari ca valoarea de vîrf a tensiunii de fază (însemnează că în rețelele de 110 kV izolația principală este solicitată la 360 kV). La deconectarea transformatoarelor în gol supratensiunea produsă este mai mare de 4,5 U_f (pentru echipamentul de 110 kV va fi de circa 450 kV).

La deconectarea liniilor în gol în sisteme cu neutru izolat supratensiunea atinge valoarea de 5 U_f, iar în sisteme cu neutrul efectiv pus la pămînt, de 3 U_f (pentru rețelele și echipamentul nostru, aceasta înseamnă doar 310 kV).

Tot mai multe cercetări experimentale din ultimul timp însă dovedesc că aceste vîrfuri de supratensiuni se datoresc în mare măsură tipurilor învechite de întreruptoare (în special întreruptoarele cu ulei puțin), iar întreruptoarele moderne pneumatice cu rezistențe și capacități de șuntare nu conduc la suprasolicitări exagerate ale izolației.

Din încercările capacității de comutație a întreruptorului IUP-110 din laboratoarele de mare putere (filiala VEI din Leningrad și Bechowice) și din exploatare [16], efectuate în ultimii 6—7 ani, rezultă că acest întreruptor este o sursă de supratensiuni destul de periculoase, spre deosebire de alte tipuri de întreruptoare utilizate în sistemul energetic din R.P.R.

În tabela 1 este redată multiplicitatea supratensiunilor interne date de acest întreruptor în diferite regimuri de avarie.

Este evident că cunoașterea acestor supratensiuni presupune experiențe mai multe și mai pretențioase, studii mai profunde pe modele, în laboratoare și exploatare. Pentru institutele noastre de cercetări (ICET, ISPE, IE al Academiei, R.P.R., IRME) exemplul R.D.G. [17]

Tabela 1

Supratensiuni provocate prin deschiderea întreruptorului IUP—110 în diferite regimuri de avarie

Nr. crt.	Regim de declanșare	Coeficient de multiplicitate *			Observații
		min.	*med.*	*max*	
1	Scurtcircuit monofazat	1,4	1,6	2,1	$I = 45 \div 7\,300$ A $f_0 = 0{,}4 \div 3{,}5$ kHz $\cos \varphi = 0{,}15$
2	Deconectarea transformatoarelor în gol (ciclul *D*)	1,5	—	3,2	$I = 1 \div 13{,}4$ A (circa 20 deconectări)
3	Deconectarea transformatoarelor în gol (ciclul *I*—*D*)	2,1	—	4,6	(circa 50 cicluri)
4	Deconectarea liniilor în gol	1,8	—	2,6**	Linia 72 km $I = 12{,}5$ A (circa 20 deconectări)

* În tabelă nu se ține seamă de puncte singulare $\left(K = \frac{e}{\frac{110\sqrt{2}}{\sqrt{3}}}\right)$

** În realitate această cifră este mult mai mare.

sau R.S.C. [16] este cît se poate de pozitiv, avînd în vedere lipsa unor serii de date certe privind supratensiunile în sistemul energetic al R.P.R. Este necesar ca atenția specialiștilor să fie îndreptată spre cercetările pe modele experimentale prin care se poate studia cel mai rapid și cel mai ieftin problema supratensiunilor în rețelele noastre.

În concluzie, la acest paragraf se poate spune că, spre deosebire de supratensiunile externe, cele interne, după cum rezultă din cele de mai sus, sînt proporționale cu tensiunile nominale ale sistemului și depind în mare măsură de tipul întreruptorului. Solicitarea la care este supusă izolația echipamentului stațiilor și substațiilor electrice este în mare măsură determinată de caracteristicile, de poziția în schemă și de regimul de lucru a două aparate de răspundere : descărcătorul și întreruptorul (se are în vedere solicitarea de scurtă durată, cea mai grea solicitare a echipamentului electric).

Condițiile în care echipamentul electric al stațiilor de 110 kV trebuie să suporte aceste supratensiuni

La stațiile și substațiile din țara noastră pentru clasa de izolație de 110 kV se utilizează numai echipament electric de exterior. Spre deosebire de instalațiile de interior, în aceste condiții izolația echipamentului electric este supusă solicitării supratensiunilor sub acțiunea simultană a ploii, zăpezii, poleiului, depunerilor de impurități solide și lichide etc. Vîntul poate să creeze concomitent presiuni mari asupra coloanelor de izolatoare, ceea ce reprezintă o sarcină mecanică (dinamică) considerabilă în special în caz de viscol (exemplu : în anul 1953 viteza vîntului a atins în țara noastră circa 20—25 m/s).

Observație : dacă se efectuează de exemplu un calcul aproximativ după normele sovietice pentru izolația întreruptorului IUP-110, se obțin următoarele :

— Presiunea vîntului asupra coloanei de izolatoare :

$$P_1 = \alpha\, k_f\, K_d \frac{v^2}{16} \sin\theta = 38{,}3 \text{ kgf/m}^2 \qquad (1)$$

unde : $\alpha = 1$ — în cazul construcțiilor tip suport ;
$k = 0{,}7$ — coeficientul de formă al izolatorului ;
$K_d = 1{,}4$ — coeficient dinamic ;
v — viteza vîntului, care pentru acoperire se poate lua 25 m/s ;
θ — unghiul pe care îl face direcția vîntului cu suprafața atacată (în cazul de față se poate lua 90°).

Este interesant de menționat că în construcții se proiectează cu o presiune a vîntului de circa 70 kgf/m² (GOST 1564).

— Forța rezultantă orizontală în primul caz :

$$P_1 = p_f F = 57{,}5 \text{ kgf.} \qquad (2)$$

— Aceeași forță în cel de-al doilea caz :

$$P_2 = p_2 F = 105 \text{ kgf.} \qquad (3)$$

— Momentul de încovoiere maxim (în partea inferioară a izolatorului inferior dat de vînt :

$$M_1 = P_1 \cdot l = 8\,700 \text{ kgfcm} \qquad (4)$$

$$M_2 = P_2 \cdot l = 15\,750 \text{ kgfcm} \qquad (5)$$

— Modul de rezistență la încovoiere :

$$W = \frac{\pi}{32}\left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right) = 1\,650 \text{ cm}^3. \qquad (6)$$

— Tensiunea de încovoiere maximă, numai datorită vîntului :

$$\sigma_v = \frac{M_2}{W} = 9{,}6 \text{ kgf/cm}^2. \qquad (7)$$

— Momentul de încovoiere dat de forța portantă de 100 kgf, aplicată la borna superioară a întreruptorului :

$$M_p = P \cdot l = 30\,000 \text{ kgfcm}. \quad (8)$$

— Tensiunea de încovoiere dată de acest moment :

$$\sigma_p = \frac{M_p}{W} = 18{,}2 \text{ kgf/cm}^2. \quad (9)$$

Deci tensiunea normală care acționează în porțelan, în partea inferioară a izolatorului, dată numai de aceste două solicitări, este de circa 30 kgf/cm². Forța portantă a bornei, creată de conductorii de legătură prin greutatea, întinderea sau încărcarea lor (de exemplu cu chiciură) este bine să fie luată în considerare în dimensionarea izolației.

O dată cu creșterea curenților de scurtcircuit în rețele crește importanța rolului eforturilor electrodinamice, care de asemenea dau naștere la solicitări mecanice (dinamice) apreciabile în izolație.

Temperaturile ridicate și în special cele rapid variabile creează tensiuni interne în izolatorii armați (datorită coeficienților de dilatare termică diferiți ai materialelor îmbinate).

Impuritățile cuprinse în aer (aerosoli) și depunerile de murdărie pot să reducă considerabil valoarea tensiunilor de descărcare la izolația externă a echipamentului electric (în special în regiunile petrolifere și carbonifere ale țării). În acest domeniu la noi în țară nu există date certe, publicate în urma unor observații nemijlocite sistematice din exploatare sau în urma unor măsurători speciale. Este caracteristic din acest punct de vedere faptul că electrotehnicienii noștri cunosc mai bine depunerile maxime anuale de impurități din Anglia (10—235 t/km²) [15] decît acelea din Valea Jiului sau din Valea Prahovei. Nu s-a studiat nici o influență negativă a acestor depuneri asupra nivelului de izolație a echipamentului electric al substațiilor din aceste regiuni. Presiunea atmosferică scăzută din regiunile muntoase ale țării sau căldurile excesive duc în mod inevitabil la același efect ca și depunerile de impurități sau aerosoli, adică la reducerea tensiunii de ținere a echipamentului electric aflat la o înălțime mai mare de 1 000 m și la o temperatură a mediului ambiant mai mare de 35°C. În anumite condiții (construcții izolate pe bază de ulei și hîrtie — neetanșe) presiunea atmosferică scăzută și umiditatea aerului ridicată pot duce la reducerea nivelului de ținere a izolației interne (ca în cazul întreruptorului IUP—110).

Solicitarea electrică — cea mai catacteristică și cea mai importantă a izolației echipamentului electric — se suprapune tuturor celorlalte solicitări (mecanice, termice etc.), determinînd indirect dimensiunile, forma și materialul construcției izolante și, în esență, prin intermediul nivelului de izolație impus, greutatea, gabaritul și prețul de cost al echipamentului electric, precum și al stației dotate cu astfel de echipamente.

Nivele de izolație și de protecție recomandate de norme străine pentru echipamentul de 110 kV. Coordonarea izolației

Nivelele de izolație standard la echipamentul stațiilor exterioare de 110 kV, legate la linia aeriană, sînt determinate în primul rînd de supratensiunile atmosferice și nu de supratensiuni interne ; acestea se stabilesc în funcție de dispozitivele și metodele de protecție aplicate.

Eclatorii de coordonare a izolației (coarnele de protecție) aplicate pe transformatoare de putere și măsură (fabricate la uzina „Electroputere") reprezintă protecția cea mai simplă și cea mai ieftină, avînd însă următoarele dezavantaje :

a) după amorsare și canalizarea la pămînt a curentului de trăsnet linia trebuie să fie deconectată pentru stingerea curentului de însoțire care duce la întreruperi în alimentarea cu energie a receptoarelor ;

b) avînd un timp mare de întîrziere, coarnele de protecție nu protejează echipamentul stației de unde scurte de supratensiune ;

c) avînd o dispersie mare la amorsare (în funcție de polaritatea undei, de timp etc.) coarnele de protecție nu pot asigura o protecție selectivă, o gradare a izolației în substație și o corelare rațională a izolației externe și interne a echipamentului. Din aceste motive autorii consideră că trebuie renunțat la coordonarea izolației echipamentului stației pe baza acestor coarne de protecție (montate de uzină la cererea exploatării), demontîndu-le.

— Descărcătoarele tubulare cu fibră sau viniplast (DTF sau DTV) față de coarnele de protecție au avantajul că acestea sting într-un domeniu relativ larg curenții de însoțire de frecvență industrială (descărcătoarele tubulare de 110 kV, fabricate de UEPC sting curenții de însoțire în limitele 0,4—10 kA).

Dezavantajul principal al descărcătoarelor tubulare constă în faptul că acestea nu reprezintă o protecție sigură pentru izolația transformatoarelor de putere și de tensiune (panta mare de tăiere creează gradienți periculoși pentru izolația longitudinală a înfășurărilor).

— Descărcătoarele tip ventil cu rezistențe neliniare sînt aparate ideale pentru protecția echipamentului stațiilor și substațiilor electrice, tensiunea lor reziduală trebuie să stea la baza coordonării izolației și în sistemele energetice ale R.P.R. Nivelul de protecție U_p se alege în funcție de această caracteristică principală a descărcătorului după relația (10) conform [15] :

$$U_p = 1{,}15\ U_r + 30. \quad (10)$$

Tensiunea reziduală U_r se raportează la un curent de trăsnet de 5 kA avînd forma undei de 8/20 μs. Nivelul de protecție determinat după (10) creează rezerve prea mari pentru eventualele unde cu front mult mai abrupt decît cel normalizat și pentru curenți de trăsnet mai

mari în amplitudine de 5 kA. Statisticile indică însă [15] că probabilitatea unui curent de trăsnet prin descărcător de 10 kA este de 1% în toate cazurile (adică o singură lovitură de trăsnet 58 de ani într-o regiune expusă 30 de zile/an la descărcări atmosferice).

Folosind un „descărcător de 80%" pentru protecția echipamentului stațiilor noastre de 110 kV, avînd în vedere caracteristicile descărcătoarelor DRV și DRVS, fabricate de UEPC, din (10), rezultă un nivel de protecție egal cu 420 kV. Soluția este mult prea acoperitoare. Pentru ca acest descărcător să nu producă deranjamente prin funcționarea lui în substația de 110 kV pe care o protejează [10] trebuie să fie îndeplinită și următoarea condiție :

$$U_p \geqslant (2{,}9 - 3{,}7)\ U_{max} = (2{,}9 - 3{,}7)\ 123 = \\ = 356 - 455 \text{ kV}. \qquad (11)$$

În relația (11) valorile mici se referă la rețelele cu neutrul legat efectiv la pămînt (cazul tipic al stațiilor electrice de 110 kV din R.P.R.). Din cele arătate mai sus rezultă că este posibil să se accepte pentru substațiile noastre un nivel de protecție de 360 kV.

Pentru reducerea mai departe a nivelului de protecție și respectiv a nivelului de izolație este necesar ca tensiunea reziduală a descărcătoarelor DRV și DRVS, fabricate în țară, să fie redusă prin îmbunătățirea caracteristicilor tehnice existente. Aceasta este o condiție necesară, dar nu și suficientă, a reducerii nivelelor (în plus este necesar să se mărească capacitatea termică a descărcătoarelor, să se îmbunătățească schemele de protecție etc.).

Tabela 2 cuprinde caracteristicile descărcătoarelor DRV și DRVS actuale și cele propuse a fi realizate pentru substațiile de 110 kV.

Tabela 2

Caracteristicile descărcătoarelor actuale și ale celor propuse

Nr. crt.	Denumirea caracteristicilor	Performanțe	
		actuale	propuse
1	Tensiunea nominală a rețelei, în kV	110	110
2	Tensiunea maximă a descărcătorului, în kV	100	90
3	Frecvența nominală, în Hz	50	50
4	Curentul de descărcare nominal 8/20 μs, în kA	5	5 (10)
5	Tensiunea reziduală pentru 5 kA (max), în kV	340	310 (340)
6	Tensiunea de amorsare la impuls 1/50 μs (min), în kV	340	310 (340)

Nivelul de ținere minim al izolației se alege cu circa 20—30% mai mare decît nivelul de protecție. Acest nivel de izolație este asigurat prin încercări la fabrica constructoare, supunînd izolația echipamentului electric la două probe și anume :

1. Proba la frecvență industrială cu tensiune aplicată și indusă (dacă este cazul).

2. Proba de impuls de tensiune cu unda standard (și cu unda tăiată, dacă este cazul).

Normele străine cele mai recente și STAS prevăd valori diferite pentru echipamentul stațiilor de 110 kV, așa cum se arată în tabelele 3,4,5,6,7.

Tabela 3

Nr. crt.	Norma standard	Tensiunea maximă a rețelei, în kV	Tensiunea de încercare, în kV sau kV-maximă					
			frecvență industrială		impuls undă plină		impuls undă tăiată	
			A	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*
1	CEI-Publicația 71/1960	123	230	185	550	450	—	—
2	GOST 1516—60	126	$[280]_E$	$\left[\frac{250}{200^*}\right]_I$	$[425]_I$	$[460]_E$	$[550]_I$	$[570]_E$
3	VDE 0111 a/58	125	262	210	505	430	—	—
4	BSS 116—52	121	240	195	550	450	—	—
5	ASA C—57—13—1948	115	230		550		630	
6	SEV 0183—56	123	230	185	550	450	—	—

Observații : 1. *A* **și** *B* **reprezintă sisteme cu neutru nepus, respectiv pus efectiv la pămînt ;**
2. *E* **și** *I* **reprezintă izolația externă și internă a aparatelor, indiferent de** *A* **și** *B* **;**
3. Semnul * indică tensiunea de încercare a aparatelor cu izolația internă în ulei, la care izolația externă se încearcă separat.

Tabela 4

Tensiunile de încercare recomandate de norme străine pentru transformator de putere și de tensiune 110 kV

Nr. crt.	Norme standard	Tensiunea maximă a rețelei, în kV	Tensiunea de încercare, în kV sau kV-maximă					
			frecvență industrială		impuls undă plină		impuls undă tăiată	
			A	*B*	*A*	*B*	*A*	*B*
1	CEI-Publicația 71/1960	123	230	185	—	—	—	—
2	GOST 1516—60	126	$[200]_I$ și $[280]_E$		$[480]_I$ și $[460]_E$		$[550]_I$ și $[570]_E$	
3	VDE 0532/1.59	125	220	175	525	450	630	520
4	BSS 171—59	123	230	185	550	450	—	—
5	ASA C 57·13—1948		230		550		630	
	ASA C 57·12—1958	115	230	185	550	450	630	520

Tabela 5

Tensiunile (în kV sau kV max.) la care se încearcă izolația dintre contactele deschise la cîteva construcții de separatoare de 110 kV

Nr. crt.	Tipul separatorului,	Izolația față de masă		Izolația dintre contacte deschise	
		50 Hz	Impuls undă plină	50 Hz	Impuls undă plină
1	OVN 110 Z, Skoda, R.S.C.	230	550	280	600
2	SHF 110 TRO, R.D.G.	383	630	383	630
3	RON 110, U.R.S.S.	250	460	355	570
4	STE 110, UEPC, R.P.R.	260	550	345	550

unde : U_{r5} este tensiunea reziduală a descărcătorului la un curent de descărcare de impuls de 5 kA.

Nivelul de protecție garantat la impuls (unda tăiată) de obicei este cu 20% mai ridicat față de valoarea obținută din relația (12). Dependența dintre nivelul de protecție la impuls și tensiunile de încercare ale echipamentului după această metodă se indică în tabela 8.

Metodologia sovietică se bazează pe următorul raționament :

În exploatare apar solicitări ale izolației $U_{expl.}$ cunoscute și măsurate. Izolația externă și internă a echipamentului stațiilor reacționează la aceste solicitări în feluri diferite. Condițiile de încercare de asemenea diferă față de condițiile din exploatare. Tensiunea de încercare de

Tabela 6

Tensiunile de încercare ale echipamentului de 110 kV fabricat de UEPC pînă în prezent (în kV și kV max)

Nr. crt.	Denumirea produsului	Frecvență industrială			Impuls		
		față de pămînt	între contacte deschise	între faze	față de pămînt	între contacte deschise	între faze
1	Separator STE, STEP 110	260	345	260	550	550	550
2	Întreruptor IUP—110	260	260	260	550	550	550
3	Transformator de curent TPE—110	260	—	—	550	—	—
4	Transformator de tensiune TTMU—2—110	230	—	—	450	—	—
5	Transformator de putere TTU—110	190	—	—	450	—	—

Tabela 7

Nivelele de protecție recomandate de cîteva norme străine și proiect STAS pentru stații de 110 kV

Nr. crt.	Norma	Tensiuna maximă de regim a rețelei, kV	Valoarea maximă a tensiunii de impuls a nivelului de protecție, în kV max	
			caz *A*	caz *B*
1	CEI Publicația 99—1958	123	443	350
2	SEV 0183—56	123	410	355
3	VDE 011 a 4.58	125	415	330
4	Proiect STAS	123	—	370

impuls la 50 Hz în primă aproximație poate să fie dedusă din relația :

$$U_{inc.} = \frac{U_{expl.}}{K_{soc} \cdot K_{ca} \cdot K_{imb.}}, \qquad (13)$$

unde :

K_{soc} este coeficientul de corecție la șoc (valoarea maximă este de circa 1,35, indicînd diferența de efect a undei de supratensiune din exploatare și tensiunea de încercare de pe platformă) ;

K_{ca} — coeficientul de corecție la condiții atmosferice (valoarea minimă de circa 0,84 afectează numai izolația externă a aparatului, corespunzînd celor mai defavorabile condiții de exploatare : 1 000 m altitudine și 40°C) ;

Tabela 8

Dependența dintre tensiunile de încercare și nivelul de protecție garantat, după metoda sovietică

Izolație internă			Izolație externă
undă plină		undă tăiată	undă plină și undă tăiată
transformatoare și aparate pînă la 35 kV	transformatoa e și aparate 110 ÷ 220 kV		
$U_{inc.} = 1{,}15\ U_{gp}$	$U_{inc.} = 1{,}1\ U_{gp}$	$U_{inc.} = 1{,}15\ U_{gp}$	$U_{inc.} = \frac{U_{gp}}{0{,}84}$

Coordonarea nivelelor de izolație și de protecție după metoda sovietică se deosebește considerabil față de metodele practicate în Europa occidentală și S.U.A. După această metodă nivelul de protecție garantat la impuls (undă plină) se determină din relația :

$$U_{gp} = 1{,}1\ U_{r5} + 15, \qquad (12)$$

$K_{imb.}$ — coeficientul de corecție la îmbătrînire, afectează numai izolația internă.

Valorile acestor coeficienți sînt diferite de la izolația externă la cea internă, de la solicitarea de 50 Hz la solicitarea de impuls.

— Din tabele și din analiza detaliată a standardelor se vede că recomandările CEI în

domeniul coordonării izolației sînt destul de sumare și nu dau decît o indicație generală. În recomandările CEI nu sînt cuprinse tensiuni de încercare cu unde de impuls tăiate, nu se face deosebire între izolația diferitelor aparate, nu se face distincție între tensiunea de ținere a izolației externe și a celei interne etc.

Recomandările CEI — Publicația 71 nu dau posibilitatea încercării comode a izolației echipamentului de exterior la tensiunea de frecvență industrială în stare uscată (tensiunile de încercare CEI de frecvență industrială se referă la încercarea obligatorie sub ploaie artificială, a echipamentului electric de exterior). Încercările echipamentului de exterior în stare uscată efectuate în laboratoare diferite duc mai sigur la rezultate echivalente, pe cînd cele sub ploaie artificială (realizată chiar după norme) diferă de la caz la caz, nemaiținînd cont și de problema echivalenței dintre ploaia artificială și cea naturală. Nu se specifică tensiunile de încercare a izolației dintre contactele deschise ale separatorului etc. Este adevărat că în ultimul timp recomandările CEI sînt în permanentă modificare, dar după părerea autorilor este nevoie ca axat pe indicațiile generale ale CEI să se elaboreze un STAS cu indicații concrete, detaliate, privind coordonarea izolației, nivelele de izolație și protecție din sistemele energetice ale R.P.R. după modelul altor standarde naționale (de exemplu GOST, VDE, ASA etc.) apărute recent.

Gradarea izolației în stații și substații. Problema reducerii nivelului de izolație

La proiectarea diferitelor aparate de obicei se ține seamă de un deranjament în sistemul de protecție al stației. Acest deranjament poate să provină de la descărcător (degradarea discurilor etc.) sau să aibă o altă cauză (curentul de trăznet depășește „cadrul" normalizat, frontul, respectiv panta de creștere, amplitudinea tensiunii reziduale sînt diferite față de cele luate în considerare etc.). În orice caz este bine și rațional să se țină seamă și de o descărcare nedorită, de acest gen, atît la un aparat luat separat (coordonarea internă a izolației), cît și la complexul de aparate din substație (coordonarea externă a izolației).

Analizînd izolația unui aparat, de exemplu izolația întreruptorului de 110 kV, rezultă că numai următoarea gradare a izolației poate să fie rațională; locul cel mai slab în izolația întreruptorului trebuie să fie izolația externă în aer, a cărei străpungere nu aduce pagube însemnate, străpungerea la masă este mai puțin periculoasă decît străpungerea dintre faze vecine sau contacte deschise, străpungerea izolației solide este mai periculoasă decît străpungerea izolației lichide (ulei), iar străpungerea acestuia din urmă este mai neplăcută decît străpungerea unor distanțe izolante în aer etc.

În mod analog aparatele (întreruptor, separator, transformator etc.) care formează complexul de echipament electric al stației este rațional să aibă nivele de izolație diferențiate, în special la stații și substații mai importante de 110 kV (și la tensiuni nominal superioare acesteia).

În privința gradării nivelelor de izolație ale echipamentului stației există mai multe ipoteze.

După una din ipoteze, transformatorul de putere fiind cel mai scump obiect din stație, avaria căruia ar aduce pagube materiale maxime, nivelul de izolație al acestuia trebuie să fie cel mai ridicat față de restul echipamentului.

După cea de-a doua ipoteză (care este de altfel și părerea autorilor) nivelul de izolație al întreruptoarelor trebuie să fie cel mai ridicat, iar nivelul de izolație al transformatorului să fie cel mai scăzut, din următoarele motive: la o stație mai importantă, cu mai multe sosiri și plecări, avaria (în cazuri extrem de rare) a unui transformator aduce după sine deconectarea unui singur feader, în schimb avaria unui întreruptor poate să paralizeze funcționarea unei stații întregi [13, 15, 18]. Pe de altă parte, asigurarea unui nivel de izolație mai ridicat la un întreruptor este ușor realizabilă din punct de vedere tehnic, iar economic nu reprezintă vreo suplimentare substanțială a prețului de cost. În schimb la un transformator o reducere relativ mică a nivelului de izolație aduce după sine reducerea considerabilă a prețului de cost, a gabaritului și greutății. Ambele ipoteze se bazează pe principiul gradării izolației, pe care o fac însă din considerente tehnico-economice diferite, pe căi diferite (în fig. 5 este reprezentată această gradare a izolației echipamentului de 110 kV după SEV 183).

După cea de-a treia ipoteză, însușită practic de recomandările CEI, nu este nevoie de gradarea izolației echipamentului substanței și se impune un nivel de izolație indiferent dacă este vorba de transformator, întreruptor sau alt aparat din substație, tensiunile de încercare ale acestora depinzînd numai de modul de tratare a neutrului sistemului energetic luat în considerație (pus sau nepus efectiv la pămînt).

În ultimul timp atenția specialiștilor se îndreaptă spre problema reducerii nivelelor de izolație a echipamentului stației, luat în ansamblu, sau spre reducerea nivelului de izolație numai a transformatoarelor de putere.

În [18, 19 și 20] sînt expuse multe argumente în favoarea reducerii nivelelor de izolație, chiar cu două trepte (trepte în înțelesul ASA), și practica din unele țări a demonstrat justețea acestor presupuneri.

Reducerea nivelelor de izolație a devenit posibilă în urma cercetării undei de supra-

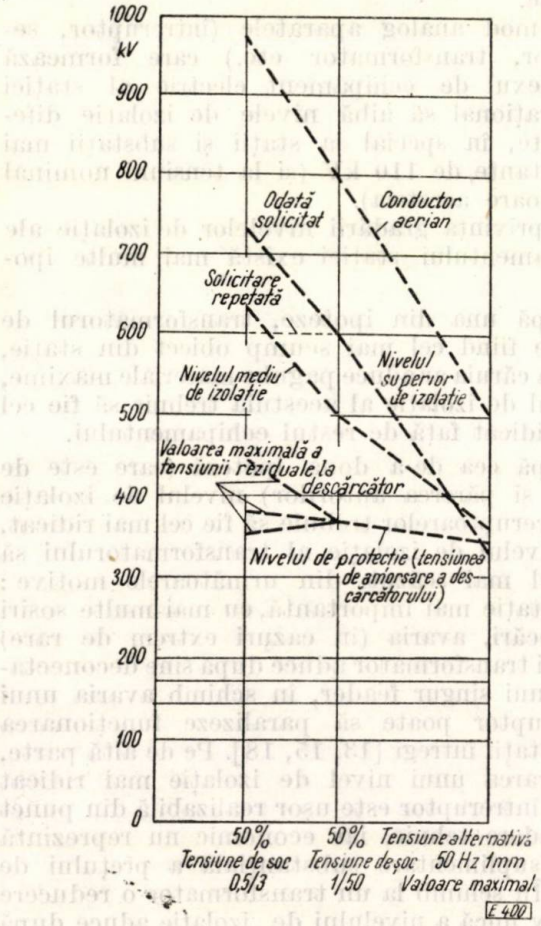


Fig. 5. Gradarea unei izolații de 110 kV după prescripțiile SEV.

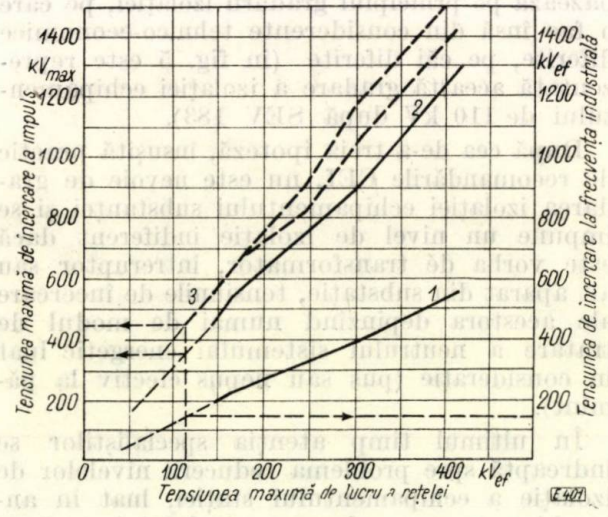


Fig. 6:

1 – tensiuni de încercare reduse la frecvență industrială (p. 8); *2* – tensiuni de încercare reduse la impuls (p.8); *3* – tensiuni de încercare reduse la impuls conform CEI Publicația 71/1960 (p.20).

tensiune internă (circa 1 000/2 000 μs) ca formă, durată și amplitudine, în special în cazul funcționării descărcătorului (descărcător cu rezistență redusă, de capacitate termică ridicată, eventual descărcătoare conectate în paralel).

Peste această problemă nu trec cu vederea nici cele mai recente recomandări ale CEI, cu toate că deocamdată nu le acceptă, recomandîndu-le pentru studiu. În figura 6 sînt reprezentate aceste valori și sînt extrapolate tensiunile de ținere care ar corespunde în acest sistem de coordonate echipamentului stațiilor noastre de 110 kV, față de prevederile proiectului de STAS (nivele de izolație și protecție). Efectul economic al unei astfel de reduceri este substanțial în primul rînd la transformatoare de putere, dar este de luat în considerare [15] și la alte aparate din stație (transformatoare de măsură, separatoare).

Propunerile uzinei „Electroputere"

Avînd în vedere considerentele expuse, practica de exploatare din unele țări, autorii lucrării de față enunță, spre discutarea specialiștilor din țară, următoarele propuneri:

1. Să se elaboreze construcția și tehnologia de fabricație a unei serii noi de descărcătoare cu rezistență redusă și capacitate termică ridicată, avînd performanțele indicate în tabela 2. Concomitent cu această acțiune trebuie de verificat experimental dacă cu actualul tip de descărcător, prin perfecționarea construcției și tehnologiei, pot fi realizate performanțe apropiate cu cele indicate în tabelă. Este necesar să se întreprindă un studiu teoretic și experimental cu privire la descărcătoarele conectate în paralel.

2. Proiectul STAS privind nivelele de izolație și de protecție trebuie să fie completat cu tensiuni de ținere la frecvență în stare uscată, ținînd seamă de faptul că această metodă de verificare a izolației este criteriul cel mai constant de apreciere a izolației echipamentului electric fabricat în serie (se are în vedere echipamentul electric destinat instalațiilor de exterior). Această metodă de verificare a izolației se menține în standarde cu utilizare internațională (de exemplu GOST 1516–60 etc.).

Referitor la valoarea tensiunii de încercare de 1 min în stare uscată: 200 kV pentru izolație redusă, și
250 kV pentru izolație plină.

3. Să fie redusă valoarea tensiunii de încercare a echipamentului cu izolație redusă de la 185 kV la 160 kV în stare umedă (sub ploaie artificială) pentru transformatoare de putere și de tensiune.

4. Să fie redusă valoarea tensiunii de încercare la impuls a transformatoarelor de putere și de tensiune cu izolație redusă de la 450 kV la 380 ÷ 400 kV.

5. Aparatajul stațiilor, întreruptorul, separatorul și transformatorul de curent destinat să funcționeze în instalații de exterior să fie

proiectat și încercat sub ploaie artificială la tensiune de încercare corespunzătoare izolației pline, adică la 210 ÷ 230 kV (pentru frecvență industrială) și 550 kV (pentru impuls, undă plină).

6. Să se analizeze posibilitatea coborîrii nivelului de protecție la 310—330 kV, raportat la 5 kA curent de trăsnet.

7. Valoarea tensiunii de încercare la frecvență industrială între contactele deschise ale separatorului (eventual și ale întreruptorului) să fie introdusă în standardul de coordonare a izolației cu următoarele valori:

280—310 kV, pentru încercare în stare umedă și 350—380 kV, în stare uscată.

Bibliografie

[1] CEI — Publicația 71 1960: Directives pour la coordination de l'isolement. 3-eme edition, 1960.

[2] CEI — Publicația 99—1: Recomandations pour les parafondres. Première partie: Parafondres à resistances variable, 1958.

[3] GOST 1516—60.

[4] SEV 0183: Regeln und Leitsätze für die Koordination der Izolationsfestigkeit in Wechselstrom — Hochspannungsaulagen, 1957.

[5] VDE 0111/1959 — Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Izolation elektrischen Aulagenvon 1 kV und darüber.

[6] CĂPRARU, F., CÎRSTEA, D., MARX, A., MATHÉ, B. Încercările transformatoarelor de forță la impuls de tensiune. În: Electrotehnica, **6** (1958), 8, 291—302.

[7] GROSU, S., STANCIU, V. Considerații cu privire la încercarea izolației mașinilor, transformatoarelor și aparatelor electrice. În: Electrotehnica, **7** (1959), 11, 395—398.

[8] COSTINA, D., MARX, A., MATHÉ, B. Studii experimentale privind nivelul de izolare la impuls de tensiune a seriei noi de transformatoare de 110 kV. În: Electrotehnica, **7** (1959), 11, 388—395.

[9] AVRAMESCU, A. Solicitările echipamentului stațiilor de foarte înaltă tensiune. În: Electrotehnica, **7** (1959), 12. 418—427.

[10] HORTOPAN, G. Încercarea la impuls a echipamentului electric. București, IDT, 1958.

[11] DIMO, P. Cauza supratensiunilor „prelungite" în rețelele cu neutrul izolat. În: Studii și cercetări de energetică, **3** (1953), 1, 15—90.

[12] ZALESCHII A. M., BACIURIN N. I. Izolația aparator vîsocovo napriajen'a. GEI, Moscova—Len'ngrad 1961.

[13] HELLER, B., VEVERKA, A. Stosserscheinungen in elektrischen Maschinen. VEB Verlag Technik — — Berlin, 1957.

[14] DMOHOVSCAIA L. F. Izucenie na modeli bazdeistvia voln na shemi i grozozașcetî modstanții. MEI, 1956.

[15] CLIFF, I. S. The coordination of Insulation of High Voltage Electrical Instalations. IEE Proceedings, T 101, part. I, 128.

[16] GERS, HOMA, CALOUSEC, TOPOLIANSCHI, VISCOSIL. C voprosu o perenapriajeniah. Rezultatî izmerenîi v energ sistemah Cehoslovachii. CIGRÉ, 1858. Rap. 336.

[17] FRISCHMAN, W., MULLER, O., LAGOWITZ, U., BAHRS, D. Untersuchungen beim Schalten von Erdkurzschlüssen und leerlaufenden Leitungen im 220 kV — Netz. Institut für Energetik. Mitteilungen Sonderheft, 1961.

[18] PHILIP SOPRIN, GROSS, I. W. A Quarter Century of Experience in Insulation Coordination: Basic Philosopy, Application, and Operating Experience on the AG & E Systems. AIEE Transactions, part. III. Power Apparatus and Systems, 58, 1957.

[19] SEALLY, W. S., VOGEL, F. A New Method of obtaining Insulation Coordination of Transformers AIEE Transaction, Tom 73, part. 3, 1953, 116.

[20] TOHMSON, I. B., Switching Surges and Arrester PerL formance on High — Voltage Systems CIGRÉ, Referat nr. 306, 1958.

Asupra determinării pasului la izvoarele liniare cu tuburi fluorescente utilizate pentru iluminatul halelor industriale

Silviu Puşcaşu* — Craiova

1. **Pentru iluminatul halelor industriale** se folosesc azi, în mare măsură, corpuri de iluminat echipate cu tuburi fluorescente dispuse sub formă de izvoare liniare luminoase. În R.P.R. se folosesc tot mai mult izvoare liniare luminoase formate din corpuri de iluminat de tip CK 12—240 sau CK 13—240 fabricate în țară și echipate cu tuburi fluorescente furnizate de către întreprinderea „Electrofar" din București. În cea mai mare parte a cazurilor, izvoarele liniare luminoase se dispun pe grinzile longitudinale sau transversale ale halelor astfel încît distanțele dintre axele lor sînt independente de calculele fototehnice, ele depinzînd de tipul construcțiilor metalice sau de construcția de zidărie interioară. Pentru a se obține o iluminare uniformă a planului de lucru este evident necesar ca, în cît mai multe puncte ale acestuia, iluminarea să fie practic constantă. Lucrul acesta este mai greu de realizat și din acest motiv se admite ca rapoartele dintre iluminările minime și medii, respectiv dintre cele medii și maxime de pe suprafața respectivă, denumite coeficienți de uniformitate minim — maxim și minim — mediu, să aibă anumite valori bine determinate. Practic, pentru realizarea uniformității iluminării se poate merge pe două căi:

a) Distanța dintre axele izvoarelor liniare să fie mai mică înspre pereți (deci în această regiune șirurile să fie mai dese, fig. 1) sau

b) în cazul cînd distanțele sînt egale și nu pot fi schimbate din motivele arătate mai sus, atunci pasul izvoarelor liniare să fie mai mic

* Ing. S. Puşcaşu este lector universitar la Craiova.

înspre pereți și mai mare spre centru (fig. 2).

În calculele de proiectare se pune de multe ori problema să se determine iluminarea în anumite puncte. În acest caz este foarte util să se găsească valori bine determinate pentru

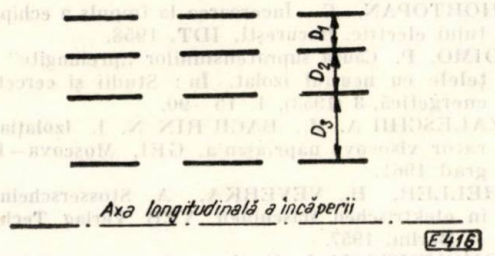


Fig. 1

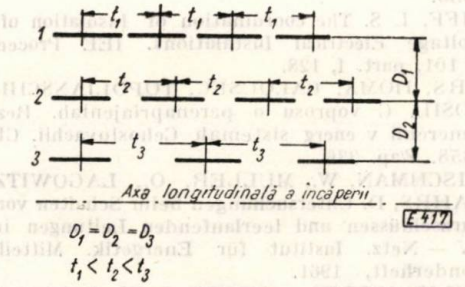


Fig. 2

pașii t_1, t_2, t_3 (fig. 2,3,5), astfel încît, pentru un anumit număr de izvoare liniare luminoase formate cu un anumit tip de corp de iluminat, să se obțină în anumite puncte caracteristice de calcul anumite valori bine determinate pentru iluminare.

2. Expresia iluminării produsă într-un punct de pe planul de lucru de mai multe izvoare liniare luminoase de lungime infinită

Într-un articol precedent [1], s-a stabilit că iluminarea într-un punct P datorită unui izvor liniar luminos infinit format din corpuri de iluminat de tip CK 12—240 sau CK 13—240 are expresia :

$$E_{p\infty} = \frac{a}{t}\,[l_\alpha] \qquad (1)$$

în care :

$$a = \frac{2\,\Phi_l K_\infty}{1\,000\,h} \qquad (2)$$

unde :

Φ_l este fluxul luminos al unui tub fluorescent în lm, iar $K_\infty = \frac{\pi}{4\,(1+m^2)}$, unde $m = \frac{d}{h}$ (fig. 3). (3)

În cazul mai multor izvoare liniare luminoase, cu pași diferiți însă constanți de-a lungul liniei luminoase, constituite din aceleași tipuri de corpuri de iluminat de fabricație românească, expresia (1) se poate scrie sub forma :

$$E_{p\infty} = \sum_{i=1}^{n} \frac{a_i}{t_i} \qquad (4)$$

Ținînd seama de expresiile date de formulele (2) și (3) și alegînd un corp de iluminat de tip CK 12—240 echipat cu tuburi fluorescente cu lumina albă de 40 W (pF 40 W/cc) se obține expresia :

$$E_{p\infty} = \frac{3{,}5}{h}\left[\frac{I_{\gamma_1}}{(1+m_1^2)\,t_1} + \frac{I_{\gamma_2}}{(1+m_2^2)\,t_2} + \ldots + \frac{I_{\gamma_n}}{(1+m_n^2)\,t_n}\right] \qquad (5)$$

În cazul unei înălțimi h de suspendare a corpului de iluminat deasupra planului de lucru, bine determinate, se observă că mărimile I_{γ_i} (intensitățile luminoase specifice pe direcțiile γ_i) sînt cunoscute din curbele fotometrice ale corpului de iluminat, iar mărimile m_i se cunosc de asemenea din condițiile geometrice de calcul. Dacă $E_{p\infty}$ se impune, în funcție de specificul muncii care se desfășoară în încăpere (hală) atunci, evident, expresia (5) este o ecuație de gradul n în raport cu t_i cu n necunoscute, deci complet nedeterminată. În practica de proiectare se adoptă de obicei pașii urmînd ca prin cîteva încercări să se obțină valoarea impusă pentru iluminare. Aceste încercări necesită un volum de calcule destul de mare și nu conduc decît la un număr redus de variante. De exemplu o hală industrială poate fi iluminată cu zece

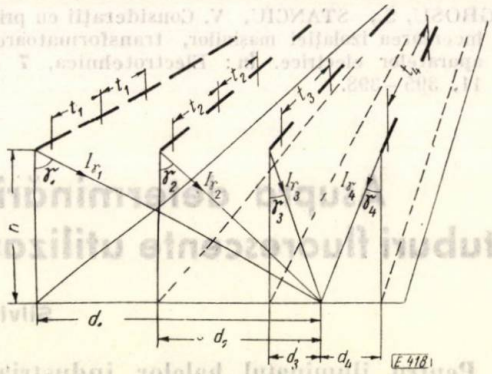


Fig. 3

linii luminoase. Rezultă o ecuație cu zece necunoscute, ceea ce conduce la ipoteza că se impune pasul pe 2 sau 3 linii la o ecuație cu 7 necunoscute. Or, rezolvarea acesteia, prin încercări cu mărimi arbitrar alese, duce la o risipă inutilă de timp și la rezultate puțin concludente.

3. Rezolvarea problemei pe baza unui model

În expresia (5) în cazul unei înălțimi bine determinate h se pot face următoarele înlocuiri : $\frac{3{,}5}{h} = C$, iar $1+m_i^2 = b_i$, iar $\frac{I_{\gamma_i}}{b_i} = M_i$. În

acest caz expresia devine : $E_{p\infty} = C \left[\frac{M_i}{t_1} + \right.$

$\left. + \frac{M_2}{t_2} + \ldots + \frac{M_n}{t_n} \right]$ sau împărțind prin C :

$$\frac{E_{p\infty}}{C} \equiv E' = \frac{M_1}{t_1} + \frac{M_2}{t_2} + \ldots + \frac{M_n}{t_n}. \quad (6)$$

Dacă M_1, M_2, M_3,..., M_n, valoric, pot reprezenta tensiuni bine determinate aplicate rezistențelor variabile, valoric exprimate prin t_1, t_2,..., t_n, atunci suma din membrul 2 al ecuației (6) reprezintă un curent exprimat, valoric, prin valoarea lui E'. Se poate deci realiza un circuit de însumare ca cel din figura 4.

În cazul cînd se aplică rezistențelor variabile t_1, t_2, $t_3 \ldots t_n$, potențialele constante M_1, M_2, M_3,..., M_n, măsurate cu voltmetrul V, prin aceste rezistențe vor trece curenți care se vor însuma prin ampermetrul A. Valoarea numerică prin care se exprimă intensitatea acestui curent este o măsură pentru E'. Alegîndu-se E' se pot varia rezistențele t_1, t_2, $t_3 \ldots t_n$ (reostate sau potențiometre gradate) astfel încît curentul prin ampermetrul A să rămînă constant exprimat, numeric, prin valoarea E'. Evident că există multe posibilități de a varia rezistențele t_1, t_2, t_3,..., t_n ceea ce este de așteptat, problema fiind nedeterminată. Manipularea rezistențelor t_1, t_2, t_3,..., t_n este foarte ușoară, iar valoarea E' se stabilește foarte repede urmînd să se facă, de asemenea rapid,

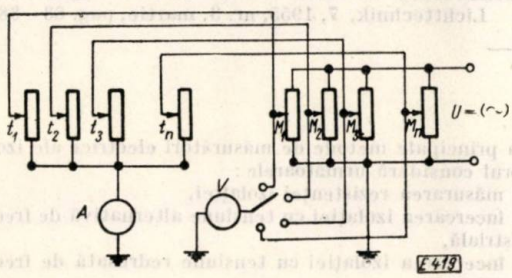


Fig. 4

citirile valorilor rezistențelor t_1, t_2, t_3, ..., t_n. Bineînțeles că manipularea rezistențelor t_1, t_2, t_3,..., t_n nu se va face oricum, ci ținînd seama de faptul că pasul liniilor luminoase dispuse în perete este mai mic decît cel al liniilor luminoase dinspre mijlocul halei. De exemplu : se admite că linia de lîngă perete este perfect continuă (corpuri CK 12—240 sau CK 13—240 puse cap la cap) deci se impune pasul $t_1 = 1{,}26$ m (lungimea unui corp). Se adoptă în schemă rezistența $t_1 = 1{,}26$ kΩ, iar celelalte rezistențe se vor varia în așa fel încît $t_2 > 1{,}26$ K ; $t_3 > t_2$,... și așa mai departe astfel încît să se obțină valoarea dorită pentru E'.

4. Verificarea experimentală

Se consideră o hală industrială cu înălțimea șirurilor luminoase deasupra planului de lucru $h \neq 8$ m. Șirurile luminoase sînt formate din corpuri de iluminat de tip CK 12—240 echipate cu tuburi fluorescente cu lumină albă ($\Phi_l = 2\,450$ lm). Distanța între axele liniilor luminoase este de 2 m. Iluminarea minimă în punctul P trebuie să fie de 100 lx. Se cer pașii t_1, t_2, t_3 ai celor trei linii luminoase, astfel încît în punctul P să se obțină $E_{p\infty} = 100$ lx.

Din figura 5 se poate deduce : $d_1 = 6$ m ; $d_2 = 4$m ; $d_3 = 2$ m și $m_1 = \frac{d_1}{h} = 0{,}75$; $m_2 = \frac{d_2}{h} = 0{,}5$; $m_3 = \frac{d_3}{h} = 0{,}25$.

Deci $b_1 = 1 + m_1^2 = 1{,}55$; $b_2 = 1 + m_2^2 = 1{,}25$; $b_3 = 1 + m_3^2 = 1{,}06$. Tot din figura 5 se deduc unghiurile γ_i și anume : $\gamma_1 = 37°$; $\gamma_2 = 26°30'$ și $\gamma_3 \cong 14°$.

Din curbele fotometrice ale aparatului CK 12—240 se deduc valorile lui I_{γ_i}. Deci : $M_1 = 148$ cd ; $M_2 = 200$ cd ; $M_3 = 244$ cd.

Constanta C [vezi formula (6)] are valoarea : $C = \frac{3{,}5}{8} = 0{,}437$. Deci $E' = \frac{100}{0{,}437} = 229$ lx. Se adoptă scările 1 lx = 1 mA și 1 m = 1 kΩ. În acest caz M_1, M_2, M_3, se vor exprima în volți. Rezistențelor variabile t_1, t_2, t_3 li se vor aplica potențialele de 148,200 și 244 V urmînd ca la ampermetrul A să se citească valoarea de 229 mA. Reducînd de zece ori mărimile elec-

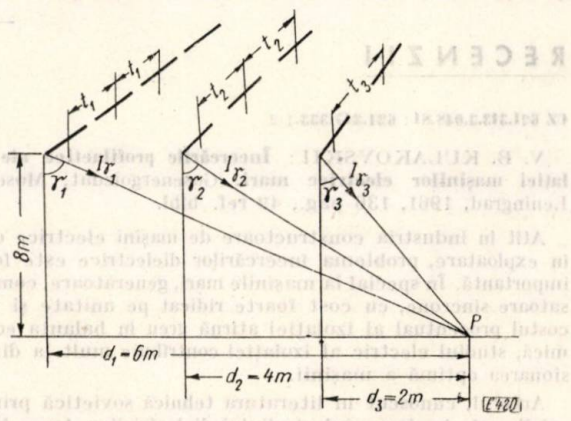


Fig. 5

trice (tensiuni și curenți) și păstrînd constante rezistențele, relația rămîne valabilă și poate fi scrisă sub forma : $22{,}9\ \text{mA} = \frac{14{,}8\ \text{V}}{t_1\ (k\Omega)} + \frac{20\ \text{V}}{t_2\ (k\Omega)} + \frac{20\ \text{V}}{t_2\ (k\Omega)}$. Variind rezistențele gradate astfel încît să se mențină curentul citit la ampermetrul A constant și egal cu 22,9 mA se obțin valorile lui t_1, t_2, t_3.

5. Limitele de variație ale mărimilor electrice din circuitele modelului

În practica folosirii corpurilor de eliminat CK 12—240 sau CK 13—240 pasul minim pe linia luminoasă nu poate fi mai mic decît 1,26 m cît este lungimea corpului de iluminat. Deci $t \geqslant 1{,}26$ kΩ.

De obicei halele industriale au înălțimi cuprinse între circa 7—15 m. La înălțimile de 15 m nu se mai folosesc linii luminoase cu corpuri de iluminat echipate cu lămpi fluorescente, ci se apelează fie la corpuri de iluminat de mare suprafață cu tuburi fluorescente, fie la corpuri de iluminat echipate cu lămpi cu incandescență, cu lămpi cu vapori de mercur cu balon fluorescent sau cu lămpi cu vapori de sodiu. Literatura de specialitate recomandă folosirea de izvoare liniare luminoase cu tuburi fluorescente pînă la înălțimea de circa 10—12 m. Deci C va fi cuprinsă între $:\frac{3{,}5}{7}$ și $\frac{3{,}5}{12}$ adică între 0,5 și 0,29. Nivelul minim de iluminare al halelor industriale se poate considera cuprins, în cazul cînd în acestea se desfășoară, bineînțeles, un proces tehnologic bine determinat, între 75 și 750 lx (iluminat general cu tuburi fluorescente).

În acest caz E' va varia între $\frac{750}{0{,}29}$ și $\frac{75}{0{,}5}$ adică între 2 600 și 150 sau între 2 600 și 150 mA și, reducînd în raportul $\frac{1}{10}$, între 260 și 15 mA sau în raportul $\frac{1}{100}$, între 26 mA și 1,5 mA. În mod normal distanțele între axele izvoarelor liniare luminoase D_i (fig. 1, 2) rămîn mai mici decît h. Lățimile maxime ale halelor industriale ce se construiesc azi în țara noastră ajung la circa 100 — 150 m. În acest caz $d_{i_{max}} \approx 150$ m. Deci $m_{i_{min}} = 0$, iar $m_{i_{max}} = \frac{150}{12} = 12{,}5$. Deci limitele de variație ale lui b_i vor fi $b_{i_{min}} = 1 + 0 = 1$ și $b_{i_{max}} = 1 + 12{,}5^2 = 157$. Deci potențialele vor varia, în ipoteza reducerii în raportul $\frac{1}{10}$ a mărimilor electrice din ecuația (6), între limitele 0 și $\frac{260}{1 \cdot 10}$ adică între 0 și 26 V sau în ipoteza reducerii acelorași valori din ecuația amintită în raportul $\frac{1}{100}$ între limitele 0 și 2,6 V.

În concluzie se poate afirma că în halele industriale iluminate cu corpuri de iluminat de tip CK 12—240 sau CK 13—240, realizarea simplă a unui model ca cel de mai sus permite determinarea rapidă a unui număr suficient de variante pentru valorile pașilor t_1, $t_2, \ldots t_n$ astfel încît să se poată indica cu suficientă exactitate soluția cea mai avantajoasă din punct de vedere tehnic și economic pentru alegerea numărului de corpuri de iluminat pe fiecare linie luminoasă.

Bibliografie

[1] CIVIDJIAN, GR., PUȘCAȘU, S., WOLF, M. Calculul iluminărilor produse de izvoare liniare cu tuburi fluorescente, Electrotehnica, 9, 1961, nr. 9, septembrie, pag. 311—316.

[2] JAEDIKE, W. Methoden der Beleuchtungsberechnung. Lichttechnik, 7, 1955, nr. 3, martie, pag. 83—88.

RECENZII

CZ 621.313.3.048.81 : 621.317.333.1/2

V. B. KULAKOVSKII : **Încercările profilactice ale izolației mașinilor electrice mari.** Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad, 1961, 136 pag., 49 ref. bibl.

Atît în industria constructoare de mașini electrice cît și în exploatare, problema încercărilor dielectrice este foarte importantă. În special la mașinile mari, generatoare, compensatoare sincrone, cu cost foarte ridicat pe unitate și unde costul procentual al izolației atîrnă greu în balanța economică, studiul electric al izolației contribuie mult la dimensionarea optimă a mașinii.

Autorul, cunoscut în literatura tehnică sovietică prin lucrările sale în domeniul studiului dielectricilor, trece în revistă în această lucrare metodele de încercare a izolației mașinilor electrice. În introducere se prezintă structura izolației mașinilor electrice de înaltă tensiune și în special se arată construcții de bobinaje statorice folosite curent în Europa occidentală, S.U.A. și U.R.S.S. O dată cu tipurile clasice de izolații se prezintă și noile tipuri de genul „Termalastic", bazat pe impregnare completă în rășini epoxidice a barelor izolate cu mică pe suport de sticlă.

Un capitol întreg (2), este rezervat cauzelor îmbătrînirii izolației. Studiul prezentat se bazează pe experiența în exploatare a principalelor sisteme energetice din U.R.S.S. și S.U.A. Autorul consideră ca principală cauză a deteriorării izolației umezirea, și face propuneri în special în folosirea de noi materiale de impregnare cu coeficient redus de absorbție de apă.

Ca principale metode de măsurători electrice ale izolației, autorul consideră următoarele :

1. măsurarea rezistenței izolației,
2. încercarea izolației cu tensiune alternativă de frecvență industrială,
3. încercarea izolației cu tensiune redresată de frecvență industrială.

La descrierea primului gen de măsurători se analizează curentul din dielectrici ce ia naștere în urma aplicării unei tensiuni continue. Măsurarea rezistenței izolației este realizată prin două metode : măsurarea curentului de conductibilitate și măsurarea directă cu ajutorul megohmmetrului. Se descriu cîteva tipuri de megohmmetre cu tensiuni de lucru pînă la 2,5 kV. Metodele de măsură mai sus descrise sînt însoțite de exemple și analize ale rezultatelor. Coeficientul de absorbție (raportul dintre valorile rezistențelor izolației la 60 și 15°C) determină după autor în mod just starea izolației unei mașini electrice. De menționat că acest raport $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ este folosit curent în încercările electrice din U.R.S.S. și din Europa.

Încercarea izolației cu tensiune sporită de frecvență industrială are marele avantaj de redare fidelă a condițiilor de lucru (tensiunea sinusoidală). De aici reiese că vom avea o repartizare a tensiunilor și respectiv a gradienților de potențial în diferitele elemente componente ale schemei de izolație a mașinii. În afară de aceasta, prin încercarea în curent alternativ la 50 Hz se poate verifica comportarea izolației din punctul de vedere al proceselor termice și de ionizare.

O problemă importantă ridicată de autor constă în alegerea justă a tensiunilor de încercare. Dacă în fabricile constructoare tensiunea de încercare este de $2U_n + 3$ kV, în exploatare se propune să se aplice 1,5 U — pentru toate tipurile de generatoare și compensatoare sincrone. Schemele de încercare sînt descrise în mod detaliat și se analizează condițiile impuse pentru realizarea lor.

Cea de a treia categorie de măsurători și anume încercarea izolației cu tensiune redresată are următoarele avantaje: *a*) este foarte eficientă încercarea izolației de capăt a bobinajelor întrucît avem o repartiție mai egală a tensiunilor la suprafața izolației (aceasta în comparație cu încercarea la tensiune de frecvență industrială) și *b*) există posibilitatea măsurării curenților de scurgere (conductibilitate), în scopul aprecierii stării izolației. Avantajele de mai sus se datoresc lipsei practice a curenților capacitivi, spre deosebire de situația încercărilor în curent alternativ, unde acești curenți aveau un rol important. Autorul arată că în sistemul Mosenergo, izolația mașinilor mari se încearcă cu tensiunea redresată $2{,}5\ U_n$.

Considerăm că dintre cele trei metode de măsurători care trebuie să ne dea indicații asupra stării izolației sînt eficiente însă ultimele două, respectiv încercările dielectrice în curent alternativ (la 50 Hz) și în curent continuu, au principalul dezavantaj de a contribui în mod însemnat la îmbătrînirea izolației.

Normele CEI — tot din considerentul dezavantajului mai sus menționat, — admit ca încercările dielectrice de mai sus să aibă o durată mică (de 10 s), și ele se referă numai la încercarea în fabrica constructoare. Cu atît mai mult considerăm că aceste încercări repetate anual duc la o îmbătrînire a izolației. Un paragraf întreg (în cadrul capitolului 4) este dedicat de autor problemei „acțiunii tensiunilor de încercare asupra izolației" (pag. 65—72). Concluzia autorului — bazată pe o serie de experimentări — este că tensiunile de încercare mai sus menționate, atît în curent alternativ cît și în curent continuu, nu ar prezenta vre-un pericol asupra izolației însăși. De menționat că încercările respective se referă la procentajul de clacări în urma aplicării tensiunilor mai sus arătate, însă nu la încercările asupra duratei de funcționare a izolațiilor respective.

Autorul trece în revistă o serie de alte metode de încercări, care au același rol de „diagnosticare", însă pe care le clasează în categoria metodelor care nu au o largă răspîndire. Aceste metode sînt:

Defectoscopia de înaltă frecvență (metoda descărcărilor parțiale). Metoda constă în determinarea tensiunii de ionizare prin detectarea descărcărilor de înaltă frecvență, ce au loc în dielectric, în momentul străpungerii incluziunilor de aer. Întrucît această detectare se face cu un grad mare de amplificare și cu osciloscoape sau osiclografe catodice, precizia determinării tensiunii de ionizare este îndeajuns de mare. Ținînd seama de experiența folosirii acestei metode, în special în U.R.S.S., la construcții foarte variate de echipament electric, considerăm că metoda de mai sus este eficientă și mai ales foarte precisă. Față de metoda mai veche de determinare a pragului de ionizare și anume „variația pierderilor dielectrice (tg δ) în funcție de tensiune aplicată", al cărei dezavantaj principal este imprecizia, metoda descărcărilor parțiale a luat în ultimul timp o largă răspîndire.

Lucrarea de mai sus o considerăm ca utilă pentru inginerii și tehnicienii care lucrează în serviciile de control tehnic ale fabricilor constructoare de mașini electrice, ca și pentru inginerii din exploatările energetice. Dat fiind că autorul a cules multe date statistice cu privire la comportarea în exploatare și rezultatele încercărilor mașinilor electrice mari, lucrarea sa are meritul de a fi sinteza unei bogate experiențe din acest domeniu.

Ing. A BERCU

CZ 621.313 : 621.317.3

G. K. JERVE: **Încercările industriale ale mașinilor electrice** (traducere din limba rusă) Editura tehnică, București, 1961.

Cea de-a doua ediție a lucrării destinată a da celor ce studiază și construiesc mașini electrice posibilitatea de a cunoaște diferitele aspecte ale încercărilor electrice, de a-i ajuta să rezolve toate problemele litigioase ce se ivesc în practica zilnică din producție, a apărut ca o necesitate a dezvoltării rapide a industriei constructoare de mașini electrice. În această lucrare se analizează încercările industriale normale ale mașinilor electrice care trebuie efectuate în concordanță cu cerințele standardelor în vigoare.

Cu toate că în lucrare se analizează încercările industriale ale tuturor tipurilor de mașini electrice, care sînt răspîndite în Uniunea Sovietică, atenția principală se acordă celor mai importante tipuri de mașini electrice și anume mașinilor de curent continuu pentru uz general, mașinilor sincrone (generatoare, motoare și compensatoare) și motoarelor asincrone fără colector. Dintre acestea, volumul cel mai mare a fost rezervat încercărilor mașinilor de puteri mijlocii și mari.

Condițiile în care decurg încercările industriale sînt foarte variate. Pentru acest motiv atunci cînd avem de a face cu încercări care au unul și același scop în condiții diferite, acestea trebuie efectuate cu metode diferite. Luîndu-se în considerare acest fapt, în lucrare se propun, aproape pentru fiecare fel de încercare, mai multe metode, toate în concordanță cu prescripțiile. Cel care trebuie să efectueze o anumită încercare primește un ajutor considerabil, ușurîndu-și munca prin alegerea unei metode corespunzătoare condițiilor specifice întreprinderii respective.

Față de lucrarea originală s-au făcut o serie de modificări prin faptul că în cursul redactării s-a adaptat conținutul la condițiile din țara noastră. Aceasta a dus la eliminarea unor paragrafe specifice condițiilor din Uniunea Sovietică și la introducerea altora cuprinzînd norme și prescripții valabile în R.P.R.

Lucrarea cuprinde 4 părți distincte, după cum urmează:

Partea I — *Încercări comune pentru toate tipurile de mașini electrice.*
Partea a II-a — *Încercarea mașinilor de curent continuu.*
Partea a III-a — *Încercarea mașinilor sincrone.*
Partea a IV-a — *Încercarea mașinilor asincrone.*

Partea I cuprinde următoarele capitole: Standardele și condițiile tehnice; tipurile de încercări industriale; măsurarea rezistenței izolației; măsurarea rezistenței bobinajelor; încercarea de supraturație; încercarea izolației bobinajelor față de corp; încercarea izolației între spirele bobinajelor; încercarea de încălzire; măsurarea temperaturii; indicatoare de temperatură; limitele de încălzire admisibile; randamentul; măsurarea puterii; măsurarea cuplului; măsurarea turației și a alunecării; măsurarea debitului de gaze; măsurarea vibrațiilor și bătăilor; înregistrarea mărimilor variabile.

În primul capitol se subliniază că standardul de bază în domeniul mașinilor electrice adoptat la noi în țară este STAS 1893—50 intitulat: „Mașini electrice rotative. Condiții generale", care se aplică tuturor mașinilor electrice rotative cu o putere mai mare de 50 W (sau 50 VA). Dacă mașina este pentru curent alternativ, prin această putere se înțelege puterea echivalentă raportată la 50 Hz.

Se dau apoi, spre informare, alte standarde în vigoare care se referă la mașinile electrice.

Nu se dau standardele care se referă la probleme ce nu au legătură cu acele calități sau caracteristici ale mașinilor electrice care necesită o verificare prin încercări, cum ar fi, de exemplu, dimensiunile de gabarit și de montaj, scările de puteri nominale, de tensiuni nominale etc.

Se trece apoi la elucidarea celor două tipuri de încercări industriale și anume: de tip și de control, citindu-se și definițiile lor ce se găsesc în STAS 1893—50.

Capitolele următoare indică în mod riguros, pe puncte, programul încercărilor mașinilor de toate tipurile.

Se dau o serie de tabele printre care citățm tabela 1.2. Ea cuprinde clasele de izolație ale materialelor electroizolante. Clasificarea a fost făcută ținînd cont de recomandările CEI conținute în publicația nr. 85.

În tabela 1.3 se indică limitele de încălzire pentru diversele feluri de bobinaje și pentru celelalte elemente ale mașinilor electrice, în funcție de principalele clase ale materialelor electroizolante descrise în tabela 1.2.

Partea a II-a cuprinde încercarea mașinilor de curent continuu și conține următoarele capitole: programele încercărilor de tip și de control; verificarea conexiunilor diferitelor părți ale bobinajelor; verificarea conexiunilor întregului bobinaj; verificarea suprafeței colectorului; verificarea schemei bobinajului indusului, a întreruperilor și a scurtcircuitelor,

aşezarea periilor pe axa neutră; particularităţi la măsurarea rezistenţelor bobinajelor; particularităţi la încercarea la supraturaţie; încercarea izolaţiei dintre spirele bobinajului indusului; ridicarea caracteristicii de mers în gol; determinarea pierderilor la mersul în gol; determinarea turaţiei şi alte încercări la mersul în gol în regim de motor; scurtcircuitul de regim de generator; caracteristica de scurtcircuit; ridicarea caracteristicilor în sarcină în regim de generator; ridicarea caracteristicilor în sarcină în regim de motor; determinarea randamentului; particularităţi la determinarea pierderilor separate; încercarea de încălzire în sarcină; încercarea de încălzire prin metoda indirectă; aprecierea gradului de scînteiere; suprasarcina de curent de scurtă durată; determinarea domeniului de comutaţie fără scîntei; determinarea modificării datelor polilor auxiliari; tararea maşinii de curent continuu; particularităţile la încercarea generatoarelor de sudură; încărcarea în opoziţie a maşinilor de curent continuu; stabilitatea maşinilor de curent continuu la funcţionarea în paralel.

În capitolul introductiv se arată că STAS 1893—50 stabileşte la punctul 103 şi 100 ca obligator un anumit program pentru încercările de tip ale maşinilor de curent continuu (generatoare şi motoare) cu o putere mai mare de 250 W.

Se trece apoi la verificarea conexiunilor diferitelor părţi ale bobinajelor subliniindu-se faptul că, dintre toate tipurile de maşini electrice, cele de curent continuu se caracterizează prin cea mai mare complexitate şi diversitate a conexiunilor interioare ale bobinajelor. Se preconizează, de obicei, ca fiind cea mai raţională verificarea conexiunilor înainte de asamblarea maşinii, cînd sistemul ei magnetic este accesibil.

În capitolul 2.4 se subliniază că starea suprafeţei colectorului este un factor foarte important care influenţează asupra funcţionării maşinii; de aceea, înainte de începerea încercărilor este necesar să se stabilească dacă sînt îndeplinite o serie de cerinţe.

Atunci cînd nu e posibilă încercarea la fabrica producătoare a maşinii gata asamblate sau chiar a unor părţi ale acesteia, cum ar fi indusurile de rezervă sau reparate, cînd pentru acestea nu se găsesc sisteme magnetice adecvate, în astfel de cazuri, pentru a obţine o imagine aproximativă cu privire la calitatea executării bobinajului indusului trebuie verificată schema sa şi lipsa întemperiilor sau a scurtcircuitelor în secţiile sau spirele sale. O asemenea verificare aşa după cum se indică şi în capitolul 2.5 constă în măsurarea rezistenţelor diferitelor secţii.

Celelalte verificări şi determinări cuprinse în această parte elucidează întru totul problema încercării maşinilor de curent continuu. Partea a III-a se ocupă cu încercarea maşinilor sincrone şi ea cuprinde următoarele capitole: programele încercărilor de tip şi de control; încercarea izolaţiei dintre spirele bobinajului indusului; încercarea de mers în gol în regim de generator; verificarea simetriei tensiunilor bobinajului indusului; încercarea de mers în gol în regim de motor; încercarea de scurtcircuit a generatorului sincron; încercarea de scurtcircuit în regim de generator; încercarea de scurtcircuit la mersul liber după deconectarea de la reţea; ridicarea caracteristicii de sarcină; ridicarea caracteristicilor în V; determinarea curentului nominal de excitaţie şi a variaţiei nominale a tensiunii; determinarea randamentului; determinarea pierderilor prin metoda de autofrînare; efectuarea probelor de aurofrînare; încercarea de încălzire prin metoda directă; încercarea de încălzire prin metoda indirectă; încercarea de încălzire în regim de compensator; determinarea coeficientului de deformare a curbei sinusoidale a tensiunii; clasificarea parametrilor maşinii sincrone; ridicarea caracteristicilor scurtcircuitelor nesimetrice; determinarea reactanţelor sincrone; determinarea rezistenţei şi reactanţei de succesiune inversă; determinarea reactanţei homopolare; proba scurtcircuitului brusc; prelucrarea oscilogramei scurtcircuitului instantaneu; proba de restabilire a tensiunii la deconectarea scurtcircuitului; determinarea reactanţelor supratranzitorii în cazul rotorului imobil; determinarea rezistenţei şi reactanţei de succesiune inversă în cazul rotorului imobil; determinarea reactanţei cu inductorul scos; determinarea vitezei de creştere a tensiunii şi a tensiunii limită a excitatoarei; determinarea constantelor de timp de partea inductorului; particularităţi la încercarea maşinilor de curent monofazat; particularităţi la încercarea generatoarelor ca autoexcitaţie; încercarea maşinilor mari la locul instalării lor. Sistematizarea riguroasă a materialului cuprins în cadrul acestei părţi, la fel ca în întreaga lucrare, bogata documentare prezentînd norme de încercare cît mai complexe vădeşte bunele intenţii ale autorului de a ne prezenta un material care, deşi amplu, este expus totuşi într-un mod curgător şi uşor de asimilat.

Se dau o serie de tabele şi diagrame spre a elucida problemele tratate pe parcursul celor 34 de capitole cîte înserează partea a treia a lucrării.

Ultima parte se ocupă de încercările maşinilor asincrone. Materialul împărţit în 21 de capitole cuprinde următoarele probleme: programul încercărilor de tip şi de control; particularităţi la măsurarea rezistenţelor bobinajelor; determinarea raportului de transformare; particularităţi la încercarea izolaţiei între spirala bobinajelor; particularităţi la încercarea la turaţie mărită; proba de mers în gol; proba de scurtcircuit; verificarea simetriei coliviei rotorului în scurtcircuit; încercarea de scurtcircuit la frecvenţă redusă; încercarea de încălzire în regim de sarcină directă; ridicarea caracteristicilor de funcţionare; construirea diagramei cercului; construirea diagramei cercului la motorul cu rotorul bobinat; construirea diagramei cercului la motorul în scurtcircuit cu colivie simplă; construirea diagramei cercului la motorul în scurtcircuit cu colivie dublă sau cu bare înalte; ridicarea caracteristicii cuplului în funcţie de turaţie prin metoda frînării; ridicarea caracteristicii cuplului în funcţie de turaţie în prcesul pornirii directe; determinarea cuplului minim în procesul de pornire; particularităţi la încercarea motoarelor fabricate în serie; încercarea motoarelor sincrone ca motoare asincrone; particularităţi la încercarea motoarelor monofazate.

Modul de tratare a problemelor cuprinse în această parte se face de cele mai multe ori prin compararea maşinilor asincrone cu celelalte tipuri de maşini electrice.

Se dau şi o serie de exemple de calcul care uşurează mult claritatea problemei tratate.

Interesant apare modul de construire a diagramei cercului. În diagrama cercului, motorul asincron este analizat ca un transformator ai cărui parametri sînt constanţi şi nu depind de regim, cu excepţia rezistenţei ohmice a circuitului secundar, adică în cazul dat, a circuitului rotorului, a cărei variaţie determină regimul de funcţionare dacă tensiunea aplicată circuitului primar este constantă. În cazul unei asemenea ipoteze, locul geometric al vîrfurilor vectorilor curentului absorbit de motor la diferite regimuri este un cerc. În realitate însă niciunul din parametrii motorului asincron nu este constant.

Graficele şi diagramele care însoţesc capitolele ce se ocupă de construirea diagramei cercului ajută în mare măsură la asimilarea acestor încercări.

La sfîrşit un număr de 7 anexe cuprinzînd tabele de corecţii evaluate în procente, precum şi valori ale funcţiilor sin φ şi cos φ în diferite situaţii, completează lucrarea. O bibliografie bogată este prezentată la sfîrşitul lucrării. Poate ar fi fost mai indicată repartizarea bibliografiei după problemele tratate; această pentru uşurinţa documentării.

Prezentarea este foarte bună, figurile sînt clare şi în număr suficient. Autorul a reuşit să sintetizeze o cantitate mare de material într-un spaţiu relativ redus.

Lucrarea este rezultatul unei practici îndelungate şi este o carte de bază pentru constructorii de maşini electrice, pentru cei ce studiază maşinile electrice şi pentru studenţi.

Privită în ansamblu, lucrarea este foarte valoroasă şi răspunde ţelului propus de autor, de prezentarea în mod unitar a metodelor de încercare pentru determinarea principalelor caracteristici ale maşinilor electrice.

Fără îndoială că pentru inginerii şi tehnicienii care lucrează atît în industria constructoare de maşini electrice, cît şi în laboratoarele uzinale ale fabricilor consumatoare de astfel de maşini, cartea va fi de un real folos.

Ing. C. SEULESCU

SCURTE ȘTIRI DIN STĂINĂTATE

Aparat pentru măsurarea coeficienților de temperatură ai capacităților și inductanței tip I.T.K.3

În Uniunea Sovietică s-a construit un aparat de măsurare a coeficientului de temperatură a condensatoarelor ceramice mici de 2 ± 50 pF și a bobinelor de inductanță 0,5 — 10 μH pe carcase ceramice. Aparatul este compus din 4 blocuri și permite măsurarea cu o eroare maximă de $\pm 2 \times 10^{-6}$/°C (10%).

(„Pribori i tehnica experimenta" nr. 1, ian – feb 1961, p. 200).

Aparat pentru măsurarea caracteristicilor miezurilor din ferită cu ciclu de histerezis dreptunghiular

Institutul de automatică și electronică din Siberia a pus la punct și a construit un aparat care permite simultan să se determine inducția maximă și remanența, forța coercitivă, înclinarea ciclului și suprafața sa, pe baza reprezentării curbei direct de ecranul osciloscopului. Aparatul are două canale, curentul de magnetizare este de 6A iar frecvența acestuia de 30 kHz; de asemenea are posibilități de etalonare interne.

(„Pribori i tehnica experimenta" nr. 1, ian. – feb 1961, p. 201).

Generator ultrasonor de impuls

S-a construit în U.R.S.S., în ultimul timp, un generator care produce impulsuri dreptunghiulare de 0,1—20 μs cu o frecvență de repetiție reglabilă între 5 Hz și 500 kHz care poate lucra pe impedanțe de ieșire de 5,50 și 500 Ω dînd o putere pînă la 500 W. Apartul poate lucra de sine stătător dar face parte și din instalația pentru cercetări hidroacustice.

Transformator de curent de 500 kV 2000 A

Uzina „Electroaparat", specializată în construcția de aparate, a confecționat un transformator de curent experimental cu izolație de cablu și condensatoare, pentru o tensiune de 500 kV la un curent de 2 000 A.

Vestnic Electropromișlennost 32, nr. 10, noiembrie 1961, p. 2).

Întreruptoare de 10 kV 350 MVA

Colectivul fabricii „Uralelectroaparat" a introdus în serie fabricarea noului tip de întreruptor pentru instalațiile industriale V.M.P. — 10 pentru 10 kV curent nominal 600 A și puterea de rupere 350 MVA. În comparație cu vechile tipuri, noul tip este mult mai ușor și gabaritele sînt mai mici.

(Vestnic Electropromișlennost, 32, nr. 10, octombrie 1961, p. 40).

Aparate electromagnetice pentru frecvențe ridicate

Colectivul catedrei de aparate de măsură al Institutului politehnic din Kiev a construit aparate electrice de măsură (ampermetre, voltmetre) funcționînd pe principiul electromagnetic în domeniul 20 la 20 000 Hz. cu o eroare mai mică de 0,5%. Aparate de acest tip construite în colaborare cu uzina „Tocielectropribor" nu există încă fabricate în altă parte.

(Izmeritelnaia tehnica nr. 11, noiembrie 1961, p. 45).

REFERATE

CZ 621.314. ***Transformatoare***

CZ 621.314.21 : 658.56

K. SCHMIDTKE-DRESDEN **Stabilirea indicelui de calitate la transformatoare** (Ermittlung der Fütezeichen für Transformatoren). În Elektrie, **14**, nr. 7, iulie 1961, 1 fig. 1 tabelă.

Pentru calificarea obiectivă a produselor și în scopul ameliorării calității lor pînă la nivelul cel mai ridicat, a devenit necesară stabilirea unor indici tehnico-economici. În scopul reducerii cheltuielilor de exploatare provocate prin pierderile în gol și în cupru s-au realizat tabele „Textur", care, la rîndul lor, fac posibilă în condiții avantajoase utilizarea bobinajului în aluminiu. În Institutul IPH din Berlin, profesorul Popov a stabilit într-o lucrare indicii tehnico-economici ai transformatoarelor din străinătate, urmînd ca acești indici să fie avuți în vedere la dezvoltarea noilor modele din R.D.G. Pentru stabilirea calității la transformatoare se iau în considerație trei factori :

1) *Parametrii economici*

Aici se dă o formulă, după care costul unui transformator se obține însumînd mărimi care, la rîndul lor, conțin pierderile în gol, magnetizarea fierului, diagrama de încărcare anuală, cota de amortizare a uzinei, a condensatoarelor necesare compensării puterii reactive etc.

2) *Volumul montajului*

Aici factorul corespunzător depinde de dimensiunile principale (lungime, lățime, înălțime), definite precis în articol.

Cu ajutorul factorilor de la 1 și 2 se stabilește un prim indice tehnico-economic D pentru transformatoare de o anumită putere.

3) *Parametrii tehnici, constructivi și tehnologici*

Pentru atingerea vîrfului de calitate trebuie să se țină seama de siguranța în exploatare, de prelucrare și de felul construcției. Prof. Popov stabilește un al doilea indice de calitate E, care depinde de executarea părții active a rezervorului de ulei, a protecției etc.

În sfîrșit se dă indicele definitiv de calitate într-o formulă conținînd pe D și E. În funcție de acest indice, se deosebesc trei categorii de transformatoare. Într-o figură sînt prezentate apoi prin comparație calitățile transformatoarelor de 100 kVA, provenite din străinătate.

COH. C.

CZ 621.314.2.015.51

ZVEZDCHIN, V. I. IZRAELIT, G. B., LOIȚIANSKAIA, M. G. **Despre determinarea gradului admisibil al umezirii, izolației transformatoarelor** (Ob apredelenii dopustimoi stepeni uvlajnenosti izoliații transformatorov). În: Electriceschie Stanții, **33**, nr. 1, ian. 1962, p. 51—54, 4 fig. 7 ref. bibl.

Gradul de umezire al izolației transformatoarelor se determină prin măsurarea rezistenței de izolație, tangenta unghiului de pierderi, măsurarea raportului capacităților : acestea sînt prevăzute în instrucțiunile pentru exploatarea transformatoarelor.

Dat fiind însă părerile contradictorii în problema gradului admisibil al umezirii izolației transformatorului și modului cel mai rațional de evaluare a acestuia în articol, autorii stabilesc o dependență între gradul admisibil al umezirii și rigiditatea izolației. Gradul de umezire îl consideră prin tangenta unghiului de pierderi, iar rigiditatea prin comportarea izolației la supratensiuni, tensiuni normale de lucru în „regim cald".

În scopul obținerii unei metode de încercare, s-a experimentat un transformator de măsură pentru determinarea rigidității dielectrice în „regim cald" și un transformator de forță la care în plus s-a determinat rigiditatea și la supratensiuni. În timpul încercărilor, s-a determinat variația în timp a tangentei unghiului de pierderi pentru diferite tensiuni aplicate. Din aceste diagrame de variație se poate deduce dependența dintre tensiunea admisibilă funcție de tangenta unghiului de pierderi ca măsură a umidității. În acelaș mod se determină dependența tensiunii de scurtă durată de tangenta unghiului de pierderi. În acest fel, considerînd tensiunea nominală ca tensiune de durată și nivelul supratensiunilor ca tensiune de scurtă durată se

poate determina din diagrama amintită care este valoarea maxim admisibilă pentru tangenta unghiului de pierderi.

P.B.

CZ 621.315 *Conductoare*

CZ 621.315.53.066.6

BUKOWINSKI, Z., **Directive pentru construcţii de borne pentru conductoarele de aluminiu.** În : Wiadomosci Elektrotechniczne, R.P.P., XXVIII, 1961, nr. 4, apr., p. 83—86.

Cunoaşterea mai amănunţită a factorilor care influenţează calitatea şi durabilitatea legăturilor realizate cu ajutorul bornelor pentru conductoare din aluminiu, precum şi a condiţiilor pe care trebuie să le satisfacă aceste borne ajută la stabilirea directivelor pentru aplicarea construcţiilor raţionale şi pentru executarea reglementară a montajului. Datele prezentate nu pot fi considerate pînă la apariţia standardelor şi normelor respective ca un înlocuitor al acestora, totuşi respectarea recomandărilor şi îndrumărilor prezentate poate să contribuie în mare măsură la reducerea considerabilă a neajunsurilor şi greşelilor înregistrate pînă acum la instalaţii cu conductoarele de alumin u. Se cere ca pe cît posibil, şuruburile de contact să fie din alamă, deoarece şuruburile din oţel degradează în mare măsură conductorul din aluminiu, ele fiind totodată periclitate de influenţa oxidării. În funcţie de dimensiunile conductoarelor şi de materialul şuruburilor de contact, se dau dimensiunile recomandate ale şuruburilor (în special dimensiunea filetului), precum şi cuplul nominal aplicabil la strîngerea lor.

Totodată se recomandă fasonarea corespunzătoare a locaşului pentru conductor, de preferinţă chiar prin canelarea sau zimţuirea suprafeţei de contact. La bornele plate se recomandă folosirea şaibelor arcuitoare, care compensează fluajul aluminiului diametrul lor exterior neputînd însă fi mai mare decît diametrul capului şurubului. Totodată, nu se admite ca la aceeaşi bornă să se racordeze mai multe conductoare, cu excepţia cazului cînd pentru fiecare conductor s-a prevăzut un şurub de strîngere aparte. Se dau o serie de schiţe pentru soluţionarea raţională a construcţiei mai multor tipuri de borne.

K.W.

CZ 621.315.213.24.017.7

P. ZAREMBA. **Stabilirea capacităţii maximale admisibile la cablurile de comandă în circuitele de curent alternativ,** (Ermittlung einer maximal zulässigen Kapazität von Steuerleitungen in Wechselstromkreisen). În : Elektrie, nr. 12, decembrie 1961, pag. 411—415.

Bazîndu-se pe faptul că în unele cazuri releele excitate cu curent alternativ nu revin la starea iniţială după încetarea excitaţiei, şi rămîn anclanşate, autorul arată că acest fapt se datoreşte combinării curentului reactiv, care circulă în bobina de excitaţie, cu capacitatea cablului de comandă. După ce face o demonstraţie îşi propune să stabilească capacitatea maximă admisibilă a cablului, ca acest lucru să fie evitat. Prin calcule şi exemplificări numeroase cu schemele respective, pe care le dă, autorul reuşeşte să întocmească datele necesare oricărui inginer interesat în această problemă. Calculele şi tabelele sînt întocmite pentru diverse relee cu cabluri bifilare, cu şi fără manta de plumb, precum şi pentru cabluri trifilare şi cu patru fire cu manta de plumb. În final, autorul arată, cu ajutorul a două scheme, o metodă simplă pentru eliminarea capacităţii la cablurile prea lungi ce au fost deja montate.

W.T.

CZ 621.316. *Distribuţia energiei electrice. Întreruptoare*

CZ 621.316.93 : 621.317.333.6

I. A., MIHAILOV, I. F., POLEVOI şi I. V., CIERNIAEV **Înregistrarea automată a supratensiunilor interne în reţelele de înaltă tensiune** (Avtomaticeskaia reghistraţia vomtrenih perenapriajenii v visokovoltnih setiah). În : Electriceschie Stanţii, **32**, nr. 12, dec. 1961, p. 47—50, 3 fig., 2 tabl., 3 ref. bibl.

Alegerea raţională a nivelului de izolaţie şi a rezervei acestuia se face pe baza cunoaşterii valorilor probabile ale supratensiunilor interne.

În lucrare, autorii fac o analiză a modului de măsurare a supratensiunilor, precum şi de prelucrare a datelor experimentale. Înregistrarea supratensiunilor s-a făcut atît în condiţii normale de exploatare cu ajutorul unei aparaturi ţinute permanent în stare de funcţionare, cît şi în condiţiile unor manevre (comutaţii) experimentale.

Înscrierea în regim permanent este asigurată prin declanşarea aparaturii (oscilograf declanşabil prin impulsuri) de către efectul supratensiunii însăşi prin intermediul unor circuite special amenajate.

Aceeaşi schemă s-a utilizat şi la măsurările efectuate la deconectările experimentale.

Datele experimentale obţinute sînt clasate după tensiunea nominală şi punctul de măsură.

Se face o prelucrare statistică a acestor date, trasîndu-se curba clasată a supratensiunilor (raportul dintre amplitudinea acesteia şi amplitudinea tensiunii normale de fază) pentru toate măsurătorile efectuate pe barele staţiilor şi respectiv pe linii ; se trasează comparativ curbele pentru măsurătorilor efectuate în condiţii normale şi la declanşări experimentale stabilind diferenţa ce există între ele.

Numărul relativ redus de oscilograme (568) nu a permis decît o analiză preliminară care are caracterul de metodă ; autorii ajung la concluzia necesităţii obţinerii de date suplimentare care se pot obţine uşor cu aparatura ţinută permanent sub tensiune.

Din prezentarea făcută nu rezultă însă modul de separare (sau dacă s-a făcut) a supratensiunilor de comutaţie faţă de cele atmosferice. În acelaşi timp nu este dată o caracterizare a duratei şi fraecvenţelor de oscilaţii ale supratensiunilor interne.

P.B.

CZ 621.316.57.064.45.)47(

A. A. ACOPIAN, şi alţii. **Încercarea întreruptoarelor cu aer de 500 kV pe linia electrică de transport hidrocentrala de pe Volga „Congresul al XXII-lea al P.C.U.S." Moscova,** (Ispitanie vozdușnih vîkliuciatelei 500 kV na elektraperedace Voljskaia G.E.S., imeni „XXII siezda K.P.S.S." Moskva. În : Electriceschie Stanţii, **33**, nr. 1, ian. 1962, p. 37—45.

Pentru verificarea funcţionării unui întreruptor în condiţiile cele mai severe de exploatare, s-au efectuat experienţe pe linia Volga-Moscova.

În primul rînd s-a căutat să se determine necesitatea rezistenţelor de şuntare la tipul de întreruptor analizat ; din datele obţinute rezultă că dacă pentru declanşarea liniilor în gol rezistenţele de şuntare reduc valoarea supratensiunilor, pentru cazul ruperii unei legături în nesincron sau la scurtcircuit trifazat influenţa lor este redusă faţă de cheltuielile mari de material şi muncă care sînt necesare.

În lucrare se prezintă linia experimentală cu staţiile unde s-au făcut operaţii de deconectare şi măsurători şi modul cum s-au efectuat încercările. Ca măsură de protecţie a izolaţiei faţă de nivelul mare al supratensiunilor care apar în condiţiile deosebit de defavorabile care au fost luate, s-au montat eclatoare de protecţie pe barele fiecărei staţii.

Condiţiile de încercare au fost : întreruperea liniei de transport pentru regim de lucru în sincron şi asincron a celor două sisteme ; declanşarea porţiunilor de linii în gol în staţia la care se aşteaptă cele mai ridicate supratensiuni.

În mod analog s-a făcut verificarea separatorului întreruptorului. Întreruptorului s-a verificat în condiţiile unui scurtcircuit trifazat îndepărtat.

Particularităţile încercărilor efectuate constau din : condiţiile grele de încercare alese pentru un întreruptor cu putere de rupere de 20 MVA, 2 000 A ; punerea în evidenţă a fenomenelor relativ lente de supratensiuni care au loc la liniile foarte lungi (aproape 1 000 km) ; problemele constructive şi funcţionale pe care le pune pentru un întreruptor de 500 kV.

Tipul de întreruptor cu aer experimental a dat satisfacţie.

P.B.

CZ 621.316.9.25.4 :621.393.333

W. FRENZEL. **Probleme legate de asigurarea motoarelor electrice prin întreruptoare termice cu supracurent cu întîrziere** (Probleme bei Schutz von Elektromotoren durch thermische verzögerte Überstromauslöser). In : Elektrie nr. 12, decembrie 1961, pag. 395—399.

Materialul face parte din cadrul lucrărilor privind motoarele electrice speciale capsulate şi care sînt apărate de intemperii şi explozii.

Autorul începe prin darea de date prescrise de normele electrotehnice germane în legătură cu motoarele electrice în general, apoi cu cele speciale, în ceea ce priveşte asigurarea lor contra încălzirilor limită. După ce dă definiţia timpului de încălzire permis, analizează curbele de stingere a unor întreruptoare termice cu întîrziere cu supracurent. Trăgînd concluziile necesare, dă reguli practice în legătură cu coordonarea aparatajului de siguranţă la motoare, pentru o mai bună asigurare. Apoi atrage atenţia asupra faptului ca fiecare tip de motor electric să fie prevăzut numai cu aparatajul de asigurare respectiv.

În legătură cu aceasta se dau rezultatele obţinute în urma încercărilor întreprinse asupra mai multor tipuri de motoare electrice cu aparatajele respective pentru obţinerea unei securităţi mărite.

W.T.

CZ 621.319 *Condensatoare*

CZ 621.319.4.018.141

N. NEUMAN, J. SMOLKA. **Puncte de vedere asupra construcţiei şi fabricării condensatoarelor de energie reactivă** (Gesichtpunkte für die Konstruktion und die Herstellung von Blindleistungskondensatoren). In : Elektrie, nr. 12, decembrie 1961, pag. 407—410.

Articolul interesant şi documentat este întocmit de cei doi coautori atît pentru specialiştii care se ocupă cu fabricarea acestor condensatoare, precum şi pentru numeroşii beneficiari care doresc un produs eficient sub un volum minim. Ca introducere se face o enumerare a datelor standard cerute unui astfel de condensator, cu efectele lor asupra duratei de funcţionare. Apoi se arată importanţa măsurătorilor electrice care trebuie efectuate în cursul fabricaţiei, dîndu-se schema obligatorie şi ordinea precisă în care trebuie să aibă loc fiecare măsurătoare. Se insistă în special asupra frecvenţei curentului cu care se fac măsurătorile. Se tratează apoi problemele legate de calitatea şi dimensiunile dielectricului, arătîndu-se şi influenţa favorabilă pe care o aduce noua hîrtie specială fabricată de curînd. Tratarea şi impregnarea acestor hîrtii cu uleiuri speciale şi mai ales cu uleiurile „Clofen" este studiată şi înfăţişată în diagrame şi tabele, stabilind, influenţa acestora asupra capacităţii, şi dimensiunii, şi durata acestor condensatoare. În încheiere se dau şi indicaţii practice în legătură cu tehnologia de fabricaţie.

W.T.

CZ 621.319.42 : 621.315.614.62

Hîrtie impregnată pentru condensatoare. (Papier impregné pour condensateurs). În : Technique Mondiale, decembrie 1961, pag. 817.

Necesitatea asigurării de performanţe ridicate a condensatoarelor cu regim de lucru în scara temperaturilor cuprinse între 60 şi 120°C a dus la realizarea unei hîrtii de izolare special impregnate.

Agenţii de impregnare obişnuiţi, uleiul mineral sau clorura de fenil, conţin impurităţi care dau naştere la pierderi dielectrice. În scopul înlăturării acestor pierderi, în cursul impregnării se adaugă hîrtiei pulberi active care absorb impurităţile. Absorbanţii sînt hidraţi sau oxizi de metal ca siliciul, aluminiul sau titanul, obţinuţi pe cale chimică sau substanţe naturale ca silicatul de aluminiu. Aceştia se adaugă hîrtiei tratate în prealabil, după procedee obişnuite, sub forma de particule coloidale cu dimetrul mijlociu de 1/2 microni, în scopul formării unei suprafeţe de absorbţie cît mai întinse. Proporţiile sînt cuprinse între 0,5% (în greutate) pentru hidrat de titan şi 8% pentru oxizii metalici, ca oxidul de siliciu, kiselgur sau caolinită calcinată.

Aceste adiţiuni provoacă în substanţa impregnată o modificare calitativă în sensul eliminării pierderilor dielectrice în mod particular, sensibile între 60 şi 120°C chiar în cazul în care această substanţă a fost supusă unui tratament prealabil ca de exemplu sub vid.

G.D.

CZ 621.319.4.017.7

B. CHOLLET. **Transformarea în căldură a energiei acumulate într-un condensator** (Conversion en chaleur de l'énergie accumulée dans un condensateur). In : Revue Générale d'Électronique, nr. 183, februarie 1962, pag. 29—33, 6 fig.

Autorul analizează problema transformării în căldură a energiei acumulate în condensatoare şi aplicarea acesteia în practica sudurii prin impulsuri. După ce prezintă trei tipuri de maşini de sudat bazate pe acest fenomen, el descrie elementele principale ale fiecărei instalaţii în parte. Dă apoi calculele pentru tipul de sudură şi pentru construcţia transformatoarelor respective. Subliniază utilitatea de necontestat a acestui tip de sudură mai ales pentru piese foarte mici din metale neferoase şi în special din aluminiu.

Ultimul capitol al acestui studiu este consacrat recapitulării avantajelor prezentate de sudura prin impulsuri.

W.T.

CZ 621.327 *Lămpi electrice*

CZ 621.327 :621.314.63

M. FRECHEN. **Tiratroanele cu siliciu** (Les Thyratrons au Silicium). In : Électronique Industrielle, martie-aprilie 1962, pag. 105—108, 11 fig.

Tiratroanele cu siliciu sînt diode redresoare cu aceleaşi dimensiuni ca diodele obişnuite, dar cu un electrod suplimentar denumit „poartă". Superioritatea acestora asupra tiratroanelor cu gaz, a ignitroanelor sau a amplificatoarelor magnetice este incontestabilă, prin faptul că sînt mai mici, au randamentul mai mare, sînt mai robuste, funcţionează în orice poziţii şi temperaturi cuprinse între — 65°C şi + 100°C, iar căderea de tensiune este numai de 1,5 V. Punerea în funcţiune a acestor tiratroane se face instantaneu şi fără nici o precauţie, iar durata lor este practic nelimitată. Tiratronul cu siliciu se compune din patru straturi PNPN sau NPNP. Primul este cu polaritate directă, la care stratul exterior P este anoda şi stratul exterior N, catoda. Stratul P învecinat cu catoda este electrodul suplimentar denumit „poartă". La tiratroanele NPNP, cu polaritate inversă, primul strat N este anoda, ultimul P catoda, iar poarta este al doilea N. Ambele tipuri pot fi întrebuinţate cu acelaşi randament. Tensiunea de amorsare este de 3 V cu 10 mA. La 0,4 V tiratroanele nu se mai amorsează. Aceste tiratroane cu siliciu permit suprasarcini în limitele prescrise de constructori.

W.T.

CZ 621.315.2 *Cabluri*

CZ 533.5 :621.315.2.027.3

G. MARTIN. **Întrebuinţarea vidului în uscarea şi degazarea cablurilor de înaltă tensiune.** In : Bull. ASE, **52**, nr. 19, 1961, pag. 774—777, 6 ref.

Absorbţia de apă a hîrtiei impregnate folosită în construcţia cablurilor de înaltă tensiune este un fenomen ce produce o scădere rapidă a proprietăţilor dielectrice, motiv pentru care se recomandă o uscare şi o degazare atentă a cablului. Cantitatea de căldură necesară evaporării apei din hîrtia cablurilor se face prin încălzirea directă a acestora trecînd un curent prin conductoare, temperatura fiind controlată prin măsurarea rezistenţei ohmice ; de asemenea se mai poate folosi înalta frecvenţă, căldura producîndu-se direct în hîrtia ce trebuie uscată, datorită pierderilor dielectrice. Nu se recomandă o uscare completă, ci doar pînă la 90%, pentru a evita supraîncălziri locale. Rezultate bune se obţin atunci cînd se efectuează degazări separate ale hîrtiei şi uleiului sub

un anumit vid. Controlul uscării şi degazării în timpul fabricaţiei prezintă mari dificultăţi în ceea ce priveşte interpretarea rezultatelor. Controlul asupra cablului finit se face prin măsura tg δ a cablului însuşi şi a uleiului şi măsura conţinutului de apă după metoda Fischer. În continuare se dau indicaţii tehnologice în ceea ce priveşte uscarea şi degazarea cablurilor cu masă, cu ulei şi gaz sub presiune, şi se descrie o instalaţie modernă de uscare şi impregnare a cablurilor cu masă. Cuva are un diametru de 4,9 m şi o capacitate de 22 m³, iar vidul este obţinut cu ajutorul a două pompe, una preliminară de 300 m³/oră, sub un vid de 1 mm Hg şi cealaltă de 8 000 m³/oră, sub un vid de 10^{-1} mm Hg. Instalaţia permite a se trata 3,8 km de cablu 60/35 kV 1 × 240 mm, ceea ce reprezintă 7 500 kg hîrtie de uscat. Pentru evaporarea apei din hîrtie (circa 8%) se trece curent prin cablu, urmînd apoi o impregnare sub vid cu masă preuscată. Întreg ciclul durează doar 5 zile faţă de 20 la instalaţiile vechi şi cuprinde uscarea, impregnarea şi răcirea cablului.

Fl. T

CZ 533.5 : 621.315.615.2.004.6

P. STOLL. **Prepararea şi regenerarea uleiurilor minerale luînd în considerare uleiuri de transformator speciale.** In : Bull-ASE, **52**, nr. 19, 1961, pag. 764—770.

Conservarea proprietăţilor fizice şi electrice ale uleiului de transformator constituie o problemă importantă, dat fiind tendinţa acestuia de a-şi schimba calitatea în timp, ca urmare a unei îmbătrîniri provocate de agenţii de degradare care-i modifică structura. Articolul se ocupă mai întîi cu studiul influenţei conţinutului în apă şi gaze asupra proprietăţilor dielectrice ale uleiurilor izolante şi strîns legat de acestea sînt descrise metodele clasice de îmbunătăţire a calităţilor : filtrare, uscare sub vid şi degazare. De asemenea o parte importantă este acordată problemei regenerării uleiurilor îmbătrînite cu ajutorul filtrelor cu pămînturi absorbante. Pentru studierea variaţiei diferiţilor parametri se recomandă executarea unor măsurători de tg δ, tensiuni de străpungere, rezistenţe de izolaţie etc. Prelungirea duratei de viaţă a uleiului, este studiată ajungîndu-se la concluzia că toate uleiurile regenerate, inhibate cu 0,3% butylcrezol, prezintă proporietăţi bune în ceea ce priveşte îmbătrînirea, comparabile cu ale uleiurilor noi, neinhibate. Pentru prepararea şi regenerarea uleiului, se descrie o instalaţie mobilă cu un debit de 3 000 l/oră.

FL. T.

CZ 621.365.5. *Generarea căldurii prin inducţie magnetică*

CZ 621.365.51 : 668.6

A. RAUTH. **Cuptor prin inducţie electromagnetică** (Four a induction électromagnetique). In : L'électricien, mar.ie 1962, pag. 42—48, 4 fig., 2 tab.

Se ştie că inducţia electromagnetică dă naştere unor curenţi în toate masele metalice supuse acestui proces, energia electrică fiind însă transformată aici în căldură conform legii lui Joule. Bazîndu-se pe acest fenomen, autorul dezvoltă toate calculele electrice şi calorice necesare pentru construirea unui cuptor prin inducţie electromagnetică destinat cositoritului în mod continuu a diverselor piese metalice. El subliniază analogia existentă între funcţionarea unui astfel de cuptor şi a unui transformator static al cărui secundar ar fi permanent în scurtcircuit. Cuptorul este un vas de oţel de formă cilindrică care are înfăşurat în jurul pereţilor bobinajul corespunzător, izolat termic şi electric, pereţii formînd spira secundară. Fluxul magnetic se închide prin trei pachete de tole magnetice decalate cu 120° fiecare, aşezate paralel cu pereţii. Cuptorul este prevăzut şi cu un termostat care menţine temperatura constantă, împiedecînd fierberea cositorului, ce ar produce pierderi de material şi energie electrică. Factorul de putere fiind destul de mic din cauza pierderilor inevitabile ale fluxului magnetic, autorul prevede în calculele sale montarea unor condensatoare care pot ridica valoarea cos φ pînă la 1.

W. T.

CZ 620.92 *Posibilitate de utilizare a surselor de energie*

CZ 620.92 : 621.311.1

D. BERNFELD. **Stadiul actual şi perspectivele utilizării energiei eoliene în R.P.R.** In : Rev. „Energetica" **9**, 1961, nr. 9, septembrie, pag. 358—371, 20 fig., 9 tab., 21 ref. bibl.

După expunerea unor principii de întocmire a cadastrului eolian al ţării, autorul analizează instalaţiile eoliene realizate în R.P.R. Reţin atenţia microgrupurile electroeoliene cu puteri instalate de ordinul 50—300 W. Aceste grupuri se caracterizează prin aceea că sînt echipate cu generatoare de tip auto de c.c. de la care se încarcă bateriile de acumulatoare ce au următoarele caracteristici :

Motorul eolian	N nom. W	Nr. elem. buc.	Tensiune, V	Capacitate, Ah
IMC—830	40	8	12	200
ICMA D—1,2	145	3	6	85
ICMA D—2	300	6	12	120

Generatorul de tip auto utilizat la grupul electroeolian ICMA D—2 are următoarele caracteristici de funcţionare : I_{max} sarcină = 12,5 A ; I la funcţionarea în regim motor = 7A ; turaţia la care dezvoltă puterea maximă n = 1 200 rot/min ; turaţia la care începe să dezvolte energie n = 550 rot/min. Ca agregat de putere medie realizat, se menţionează generatorul electroeolian „Solomon" de 15 kW la care se realizează producerea curentului alternativ de tensiune şi frecvenţă constante la variaţia vitezei vîntului cu ajutorul unui invertor mecanic.

B.D.

CRONICĂ

Expoziția de aparate de măsură a R.P. Ungare

Între 25 mai și 9 iunie a.c. întreprinderea ungară de comerț exterior „Metrimpex" a organizat în localul Camerei de Comerț a R.P. Ungare o expoziție în cadrul căreia a prezentat: instrumente de precizie, instrumente electrice și electronice, instrumente medicale, instrumente de laborator și de analiză, instrumente pentru telecomunicații, instrumente de geodezie etc.

În dezvoltarea rapidă a industriei maghiare, industria de instrumente și aparate și-a cucerit merite deosebite. Rolul ei constă în asigurarea tuturor ramurilor industriale cu aparatele cele mai moderne în cantități și sortimente solicitate.

În același timp, dezvoltarea acestei industrii a permis ca întreprinderea de comerț exterior „Metrimpex" să exporte aproape 5 000 de piese diferite printre care aparate de laborator, medicale, de telecomunicații (radio, televiziune, telefonie, microunde) și de fizică nucleară, aparate de măsură electrice și de încercare a materialelor (pentru metale, hîrtie, textile, mase plastice etc.), instrumente optice și de geodezie, precum și elemente de automatică.

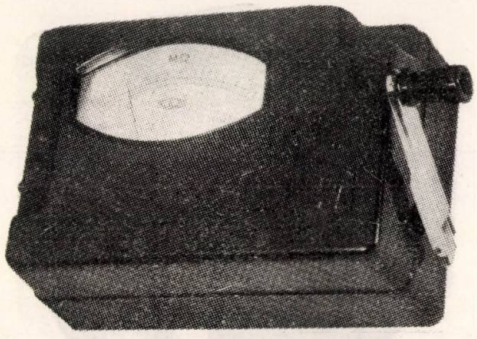


Fig. 1. Megohmetrul tip ISOLEKA

Aparatele produse de industria maghiară au ajuns în toate colțurile lumii și se bucură peste tot de un renume crescînd ce se manifestă mai ales în cadrul diferitelor tîrguri și expoziții internaționale.

Fig. 2. Cosfimetrul tip HEQb.

Cele peste 100 de exponate pe care le-a prezentat în cadrul acestei expoziții au putut sublinia caracterul și dezvoltarea impetuoasă a industriei de aparate și instrumente din Republica Populară Ungară.

Instrumentele de măsură expuse, dintre care unele cunoscute și folosite de inginerii și tehnicienii noștri, ilustrează înalta tehnicitate a industriei maghiare în acest domeniu.

Alături de instrumente de măsură de panou și instrumente de măsură portabile de precizie, pentru scopuri industriale,

Fig. 3. Wattmetrul tip HEWc.

vizitatorii expoziției au putut examina unele instrumente de mare precizie pentru laboratoare, spre exemplu galvanometrul de nul cu oglindă de mare sensibilitate.

Atenția vizitatorilor a fost însă atrasă în special de numărul mare și tipurile variate de instrumente electrice și electronice. Printre acestea menționăm ampermetre, voltmetre, avohmetre, megolimetre, galvanometre, aparate pentru măsurarea factorului de putere, wattmetre (fig. 1,2,3), osciloscoape cu un spot și cu două spoturi, generatoare de semnal etc. (fig. 4).

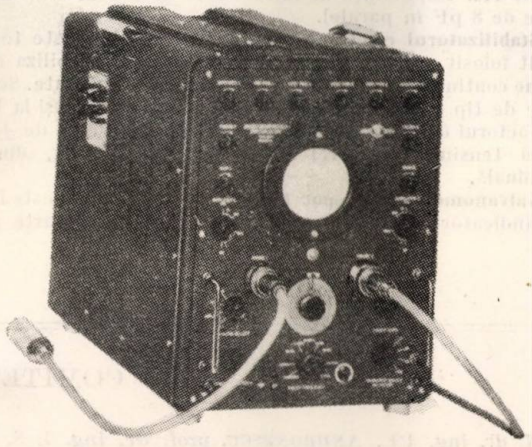


Fig. 4. Osciloscopul cu două spoturi tip Orion – EMG 1551.

În cele ce urmează prezentăm cîteva dintre aparatele ce au fost expuse în cadrul expoziției.

Puntea de măsură RLC tip 1437/S-Orion este o punte universală de măsură care se folosește pentru măsurarea rezistenței, capacității și inductanței, precum și la determinarea frecvenței de rezonanță a circuitelor acordate.

Prin utilizarea unui aparat special se poate verifica şi deviaţia procentuală care la fabricarea în serie a pieselor constituie o mărime importantă de controlat. Cele trei scări independente ale punţii permit o citire uşoară şi rapidă.

Valorile capacităţilor şi inductanţelor mai mari se determină prin metoda punţii, folosind frecvenţa reţelei de 50 Hz. Instrumentul indicator este prevăzut cu bobină mobilă. Precizia de măsurare a punţii este de maximum ± 1 %.

Avohmetrul tip 147 — Univeka. Cu acest aparat universal se pot măsura tensiuni şi curenţi continui şi alternativi, rezistenţe, precum şi nivele de putere. Aparatul este echipat cu un microampermetru de sensibilitate 40 μA şi rezistenţă proprie 1 000 Ω; acest microampermetru este montat într-o punte redresoare formată din patru diode cu cuproxid. Rezistenţele adiţionale sînt confecţionate din silită, iar cele patru şunturi, din conductor de manganină. Precizia măsurării pentru mărimi continue este de ± 1,5%, iar pentru mărimi alternative este de ±3%. Precizia măsurării rezistenţelor este de ± 10%.

Voltohmetrul electronic tip 1341/D — Orion serveşte la măsurarea tensiunilor continue şi alternative, precum şi a rezistenţelor. Măsurarea tensiunilor continue se poate face în intervalul 0—1 000 V în 6 game: 3 — 10 — 30 — —100—300—1 000 V cu o precizie de ± 3%. Rezistenţa de intrare este de 15 M Ω. Cu o precizie de ± 5% se pot măsura tensiuni alternative de la 0 la 300 game în 5 game: 3—10—30—100—300 V. Precizia este dată pentru tensiuni de frecvenţă cuprinse între 30 Hz şi 25 MHz.

Domeniul de rezistenţe ce pot fi măsurate este cuprins între 0,2 Ω şi 1 000 M Ω în 6 game: 1—10—100 kΩ şi 10— —100—1 000 MΩ. Precizia măsurării este de ± 5% la mijlocul gamei 100 Ω—100 kΩ, ±10% la mijlocul gamei 100 kΩ — 10 M Ω şi de ±20% pentru celelalte valori de rezistenţe măsurate.

Generatorul de joasă frecvenţă tip KTS 1113/S — Orion este alcătuit dintr-un oscilator RC, etaje de amplificare în tensiune şi în putere, precum şi blocul de alimentare cu un montaj de stabilizare electronică a tensiunii. Acest generator furnizează o tensiune sinusoidală în intervalul de la 30 Hz la 300 kHz în patru game: 30—300 Hz; 300—3 000 Hz; 3—30 kHz şi 30—300 kHz, precum şi 8 frecvenţe fixe: 300, 800, 3 000 Hz, 10, 30, 60, 100 şi 150 kHz. Precizia este ±1% în cele 4 game şi ± 0,5% la frecvenţele fixe.

Milivoltmetrul electronic tip 1321 — Orion permite măsurarea tensiunilor alternative în intervalul 0,1—300 V în 6 game: 0,75—3—10—30—100—300 V, în domeniul de frecvenţe 20 Hz — 1 000 MHz. Precizia măsurării este ± 3% în gama 0,75 V şi 5% în celelalte game, la frecvenţa de 1 000 Hz. Impedanţa de intrare este de 3 MΩ cu o capacitate de 8 pF în paralel.

Stabilizatorul electronic tip 1832/B — Orion este tot mai mult folosit, deoarece are proprietatea de a stabiliza o tensiune continuă cu un factor foarte bun de stabilitate. Schema este de tip serie cu comanda atît la intrare cît şi la ieşire.

Factorul de stabilizare a tensiunii de ieşire este de ±0,5% dacă tensiunea de reţea variază cu ± 10% din cea nominală.

Galvanometrul cu spot luminos tip GF—Orion este folosit ca indicator de curent şi tensiuni continue foarte slabe, şi se întrebuinţează în primul rînd în laboratoare ca galvanometre ce indică zero în punţile de curent continuu; tensiunea de încercare este de 2 000 V la frecvenţa de 50 Hz.

Instrumentul se construieşte cu două sensibilităţi şi anume una este prevăzută pentru măsurători în punte Wheatstone iar cealaltă pentru măsurători în punte Thomson.

Stroboscopul „Oristrob" tip EMG — 2371/B — Orion este constituit din punct de vedere electric dintr-o lampă stroboscopică cu reflector parabolic, un multivibrator şi o sursă de alimentare. Este uşor manevrabil şi se poate efectua o citire directă a numărului de ture. Este portabil avînd o construcţie robustă şi o intensitate luminoasă mare, ceea ce face ca vizibilitatea spotului să fie mult uşurată (fig. 6).

Generatorul de unde dreptunghiulare tip 1591 — Orion îndeplineşte două roluri: de generator de unde dreptunghiulare şi de comutator electronic. Frecvenţele de comutare sînt 100 Hz şi 10 kHz. Impedanţa de intrare este de 25 kΩ la tensiunea maximă de 75 Vef şi de 500 kΩ la tensiunea maximă de 300 Vef. Amplificarea etajelor comutatorului este 0—15, continuu reglabilă. Tensiunea de ieşire este de 15 V pe o impedanţă de ieşire de 10 kΩ.

Fig. 6. Stroboscopul „Oristrob" tip EMG-2371/B — Orion.

Frecvenţele de lucru ale generatorului sînt 100 Hz şi 10 kHz. Frontul impulsurilor la frecvenţa 100 Hz este de 20 μs, iar la frecvenţa 10 kHz, de 10 μs. Tensiunea de ieşire este de aproximativ 1 V pe o impedanţă de 30 Ω.

Vizitatorii expoziţiei au avut astfel prilejul să cunoască o serie de realizări ale poporului-frate maghiar.

Prin calitatea şi execuţia îngrijită a exponatelor, industria ungară s-a dovedit a fi la înălţime şi în cadrul acestor sectoare industriale.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R.P.R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ŞT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat.

Revista „Electrotehnica", organ al Ministerului Metalurgiei şi construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu, Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.M.C.M. Abonamentele se primesc la Administraţia revistei şi prin responsabilii cu presa din CNIT. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicaţiile Tehnice MMCM — cont 070149 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi: 100 lei anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea Poligrafică nr. 2, str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti, c. 2452

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

SOMMAIRE

CD 621.314.2.014.32.001.5

Bălă, C., Apetrei, C. : **Calcul et détermination expérimentale des forces axiales pour les transformateurs de puissance.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 285—294

Après un aperçu critique des recommandations et du projet de recommandations élaborés par CEI, dans le présent article on expose :

— Le calcul des forces axiales pour les transformateurs à enroulements concentriques au moyen de la méthode des ampère-spires résiduaires, tout en établissant de nouvelles expressions de calcul ;

— détermination expérimentale des forces axiales résultantes qui se produisent dans les transformateurs de puissance, au moyen des transducteurs piézoélectriques (méthode proposée par les auteurs).

CD 621.313.362.013.8

Corlăţeanu V., Bergman I., : **Autoexcitation des machines triphasées à collecteur. Considérations expérimentales.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 294 – 303

De l'étude expérimentale de l'autoexcitation des machines triphasées à collecteur à trois brosses sur la peire de pôles, on déduit les cas ou celle-ci peut être nuisible ou bien utile au freinage. Les résultats expérimentaux confirment la théorie avancée. Le régime de générateur le plus avantageux est celui à charge en dérivation. On fait certaines observations concernant le fonctionnement de la machine triphasée en régimw de génération sur réseau. On présente deux types de machines triphasées à collecteur à six brosses sur la paire de pôles, où l'autoexcitation apparaît en courant monophasé et, respectivement, en courant continuu.

CD 621.316.93.015.5

Costina D., Math B., Stanciu V. : **Etudes sur l'isolation de l'équipement électrique de 110 kV fabriqué dans la R.P.R.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 304 – 313

Cet article représente la première partie d'une étude théorique et expérimentale concernant l'isolation, le niveau d'isolation et de production de l'équipement électrique de 110 kV, fabrique à l'Usine „Electroputere" — Craiova.

On énonce le point de vue l'usine constructive sur les problèmes ci-dessus mentionnés, que l'on propose à discuter aux spécialistes des instituts de recherche et de projection, des entreprisse de montage de d'exploitation énergétiques.

NOTE

CD 628.972 :621.7 :725.4

Puşcaşu S. : **Sur la détermination du pas des sources linéaires lumineuses à tubes fluorescents employées pour illuminer les halles industrielles.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 313 – 316

À partir d'une expression simple de l'illumination au cas de l'utilisation des sources de lumière linéaires très longues, on trouve un modèle facilement réalisable qui permet d'établir diverses valeurs de pas pour ces sources, due sorte qu'à certains points caractéristiques de calcul on obtienne une valeur bien déterminée pour l'illumination. Cette methode est utile pour l'élaboration des projets.

COMPTES-RENDUS 316 – 318
BRÈVES NOUVELLES DE L'ETRANGER 519
RÈFÈRÈS 319 – 322
CHRONIQUE 323 – 324

CONTENTS

DC 621.314.2.014.32.001.5

Bălă C., Apetrei C. : **The calculus and experimental determination of axial forces in power transformers.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 285–294

After a critical presentation of the recommandations and draft recommandations elaborated by the CEI, the authors deal with :

– the calculus of axial forces in transformers with concentric windigs by applying the residual ampere turn method aned new calculus expressions ;

– the experimental determination of äxial forces occurring in power transformers, by using piezo-electrical transmitters (a method suggested by the authors).

DC 621.313.362 013.8

Corlăţeanu V., Bergman I. : **The self-excitation of three phase commutator machines. Experimental considerations.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 294–303

From the experimental study of the self-excitation of three phase commutator machines with three brushes each pole pair, the authors deduce the cases when self-excitation may be useful or detrimental to braking. The results of the experiments confirm the theory that generator with shunt charge appears to be the most suitable. Some observations are made concerning the working of three phase series machine under network generator conditions.

Two types of three phase commutator machines with six brushes on each pole pair, where the self-excitation occurs in one-phased current and direct current respectively are described.

DC 621.316.93.015.5

Costina D., Mathé B., Stanciu V. : **Some studies of the insulation of the 110 kV electric equipment produced in the R.P.R.**

Electrotehnica **10** (1962) 8, 304–313

This paper constitutes the first part of theoretical an experimental study concerning the insulation, insulation and production level of the 110 kV electric equipment produced by the „Electroputere" works in Craiova.

The views of the producers on the abovementioned problems are pointed out and brought forward for discussion by specialistes on the research and designing institutes, as well as of power installation and exploitation organizations.

NOTES

DC 628.972 :621.7 :725.4

Puşcaşu S. : **Determining the pitch in luminous linear sources with fluorescent tubes used for the lighting of industrial halls.**

Electrotehnica, **10** (1962) 8, 313–316

Starling from the simple expression of lighting in the case of using very long linear luminous sources, an easily realizable model is found, allowing to establish several values of pitches of such sources, so as to obtain a well-determined lighting value in some characteristics calculus points. This method is useful for designing purposes.

REVIEWS 316–318
BRIFF EXTERNAL NEWS 319
REPORTS 319–322
CHRONICLE 323–324

TITLURI DOCUMENTARE

621.313. MAȘINI ELECTRICE

CZ 621.313.048.017.1

Meyer, H.

Asupra importanței valorii factorului de pierderi pentru izolările înfășurărilor mașinilor electrice (Zur Bedeutung von Verlustfaktorkenngrössen für Wicklungsisolierungen elektrischer Maschienen).

In: Elektrotechn. Z. (E.T.Z. A.) 83, nr. 2, 1962, 15 ian, p. 46—52, 11 fig, 1 tabl, 7 ref. bibl.

CZ 621.313.1.016.35

Tișenco, A. N.

Problema stabilității în funcționare a electromotoarelor (Problema nadejnosti elektrodvigatelei)

Elektricestvo, 82, 12, 1961, dec, p. 16—20.

CZ 621.313.322.012.416

Sokolov, I. M. și *Kirkin, I. B.*

Determinarea caracteristicilor de funcționare la mașinile sincrone (Opredelenîe ciastotnîh haracteristiki sinhronîh maşin) In: Elektricestvo, 83, nr. 1, 1962, ian., p. 29—36, 9 fig, 5 ref. bibl.

621.314 TRANSFORMAREA ENERGIEI ELECTRICE

CZ 621.314.2.017.7

End, K. și *Jungnitz, W.*

Modul de răcire a transformatoarelor cu ulei. (Külungsarten von Öltransformatoren)

In: Siemens Z. 36, nr. 2, 1962, feb, p. 119—125, 9 fig. 4 ref. bibl.

CZ 621.314.224.013.34

Gelfand, S. J.

Cercetarea proceselor de tranziție în transformatoarele de curent la mașinile de calcul cu acțiune continuă. (Isledovanie perehodnîh processov v transformatorah toka na matematiceskih maşinah neprirîvîho godeistvia) În: Elektricestvo, 82, nr. 12, 1961, dec, p. 40—44, 6 fig.

CZ 621.314.263

Brüderlink, M.

Încercarea pe modele reduse cu triplori de frecvențe statice cu construcții diferite de miezuri. (Modellversuche an statischen Frequenzverdreifachern mit verschidenen Kernbauarten) În: Elektrotechn. Z. (E.T.Z. A.), 83, nr. 1, 1962 ian, p. 12—15, 11 fig., 2 tabl., 3 ref. bibl.

CZ 621.314.621

Chesnokov, E. A.

Teoria și calculul vibratorului electromagnetic (K teorii i rascetu elektromagnitnogo nigatora)

In: Elektricestvo, 82, nr. 12, 1961, dec., p. 37—40, 3 fig. 5 ref. bibl.

CZ 621.315 TRANSMISIUNEA ENERGIEI ELECTRICE, LINII. CONDUCTORI. MATERIALE IZOLANTE.

CZ 621.315.2

Hilgendorff, J. H.

Stadiul actual al tehnicii cablurilor de curenți tari de înaltă tensiune. (Etat actuel de la technique des cables à courant fort et à haute tension)

In: Electrique, 36, nr. 7, 1961, iulie, p, 201—209, 9 fig.

CZ 612,315.61

Hérou, R.

Studiul general a izolaților moderni. (Etude générale des isolants modernes)

In: Bull. Soc. roy. belge Elect. 77, 1961, iul-sept, p. 231—244, 12 fig. 1 tabl.

CZ 621.315.615.2 :543.81

Grüss, H.

Modul de determinare analitică a apei hidrogenului şi oxigenului în uleiul de transformatoare (Zur analytischen Bestimmung von Wasser, Wasserstoff und Sauerstoff im Transformatorenöl)
In : Elektrotechn. Z. (E.T.Z.-A.), **83**, nr. 1, 1962, ian., p. 6—9, 4 fig. 7 ref. bibl.

CZ 621.315.615.3.015.53

Coelho, R. M.

Asupra naturii curentului din lichidele izolante supuse cîmpurilor ridicate (1). (Sur la nature du courant dans les liquides isolants soumis a des champs élevés)
In : Bull. de la Soc. Fr. des Electr. 8 (tom. III), 1, 1962, ian, p. 13—20 , 10 fig., 14 ref. bibl.

CZ 621,513.62 :621.319.4 :621.3.015.51

Bogorodiţki, P. N., Volokobinski, M. I. şi *Fridberg, D. I.*
Metoda grafo-analitică pentru calculul tensiunii de străpungere termică a izolatoarelor pentru î.f. (Grafoanaliticeskii metod rasceta napreajeniia teplovo proboia vîsokociastotnîh izoliatorov).
In : Elektricestvo, 82, nr. 12, 1961, dec, p. 63—68, 6 fig., 11 ref. bibl.

621.316 DISTRIBUŢIE. REGLAJ. INTRERUPĂTOARE

CZ 621.316.55.026.45.001.4

Hochrainer, H.

Încercări de întrerupătoare de înaltă tensiune. (Die Prüfung von Hochspannungsschaltern)
In : Elektrowirtsch. 60, nr. 8, 1961, p. 241—251, 29 fig.

CZ 621.316.932 :621.315.6

Guile, A. E.

Protecţia izolatoarelor de înaltă tensiune contra pagubelor cauzate de arcuri. (La protection des isolateurs à haute tension contre les dommages causés par les arcs).
In : Proc. Inst. elect. Engrs, (partea A), 108, 1961, aug., p. 317—323, 10 fig., 1 tabl.

621.317 TEHNICA MĂSURILOR ELECTRICE. APARATE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.32.027.7 :317.326.013.33

Ebinger, A.

Măsurarea tensiunilor electrice înalte. (Die messung hoher elektrischer Spannungen).
In : A.T.M. — V 330 F 1, 306, 1961, p. 165—166, 35 ref. bibl.

CZ 621.317.374 :621.319.4

Poluleah, K. S.

Aparat cu citire directă pentru măsurarea tangentei unghiului de pierderi în condensatoare. (Priborî s preamîm otsciotom dlea izmereniia tanghenta ugla poter v kondensatorah)
In : Izmerit. tehnika, **8**, 1961, aug., p. 46—49, 3 fig., 4 ref. bibl.

621.319 APLICAŢII INDUSTRIALE ALE ELECTROSTATICEI

CZ 621.513.4 :621.316.13

Bauman, G. V., Ivanov, V. O. şi *Komarov B. I.*

Eficacitatea folosirii condensatoarelor în serie pentru compensarea pierderilor de tensiune în reţelele de distribuţie din mine. (K voprosu ob efectivnosti primenenia posledovatelnîh kondensatorov dlea kompensaţii poteri napriajenia v rudnicinîh raspredelitelnîh seteah).
In : Elektricestvo, 85, 1, 1961, ian., p. 21—25, 8 fig.

CZ 621.319.4.025.3

* * *

Reguli pentru condensatoarele de mare putere de curent alternativ. (Règles pour les condensateurs de grand puissance à courant alternatif).
Bull. de l'Assoc. Suisse des Electr., 53, 2, 1962, p. 94—100, 6 tabl.

NOMOGRAMĂ

CZ 621.314.2.017.3

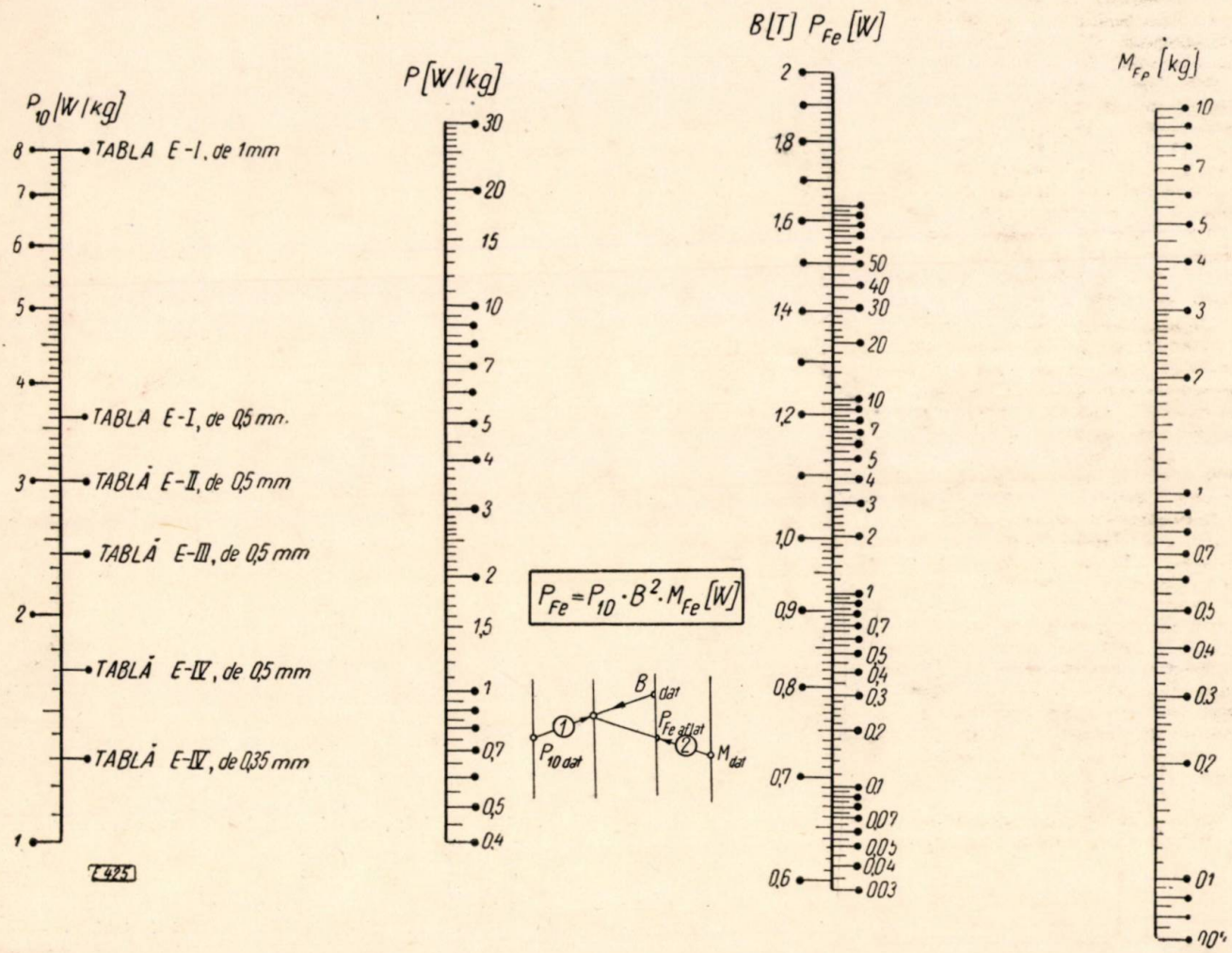
Determinarea pierderilor în fier

Pierderile în fier la transformatoare, pentru frecvenţa industrială, se calculează cu formula ce presupune o creştere a lor proporţională cu pătratul inducţiei magnetice :

$$p_{Fe} = p_{10} B^2 M_{Fe} \qquad [W],$$

unde :

p_{10} — sînt pierderile specifice ale tablei, în W/kg, pentru inducţia magnetică de 1 tesla (10^4 Gs);
B — inducţia magnetică, tesla ;
M — masa fierului, kg.



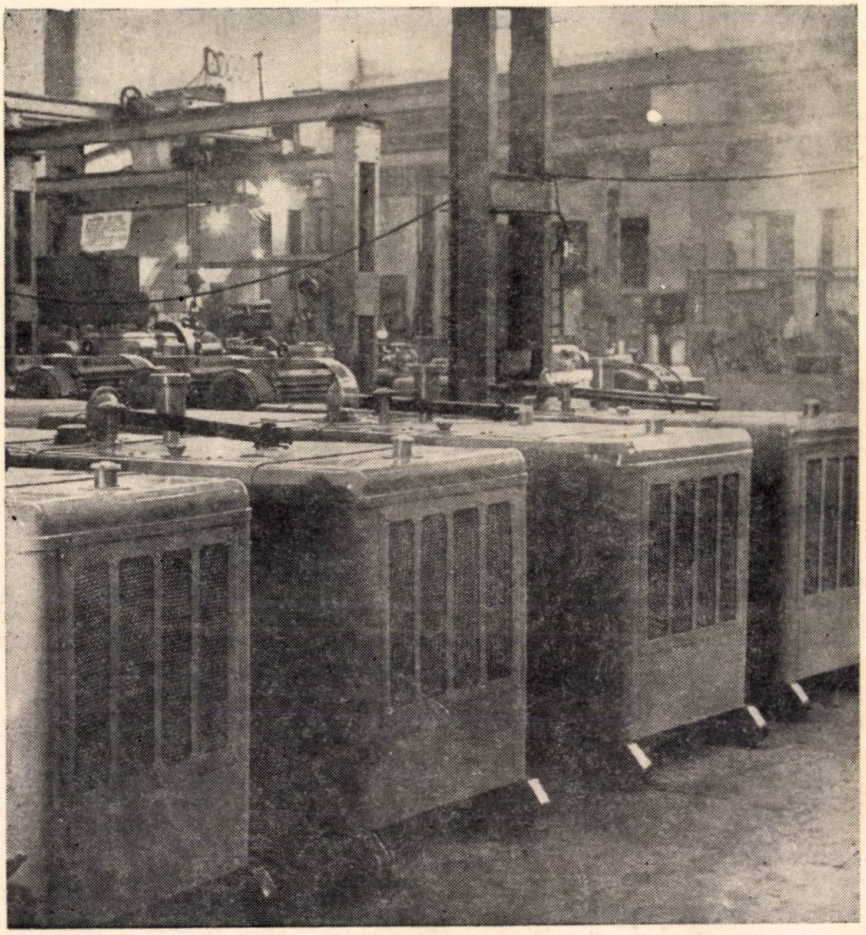
De obicei pierderile se mai majorează apoi cu circa 5—15 % pentru a ţine seama de pierderile suplimentare la funcţionarea în gol (prelucrarea tolelor, buloane, cuvă).

Nomograma prezentată permite calculul relaţiei indicate, ea fiind de tipul nomogramelor cu puncte aliniate, cu scări logaritmice pe suporţi drepţi paraleli.

Pe scara p_{10} sînt indicate direct şi valorile standardizate ale pierderilor la inducţia magnetică de 1 tesla pentru diferite grosimi şi calităţi de tablă silicioasă (E—I pînă la E — IV), conform STAS 673—49.

Menţionăm că pe scara p pot fi citite pierderile în W/kg pentru inducţia magnetică dorită.

Ing. C. Saal



LEI 5

E 2040

R

REFERATIVA

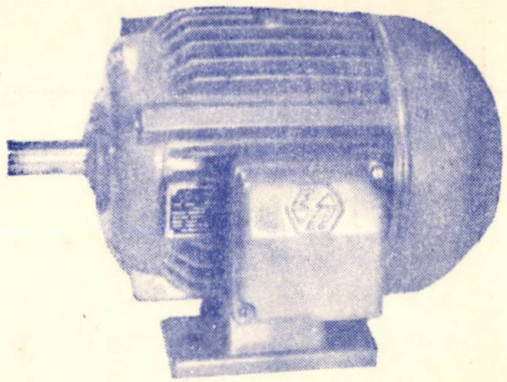
ELECTROTEHNICA

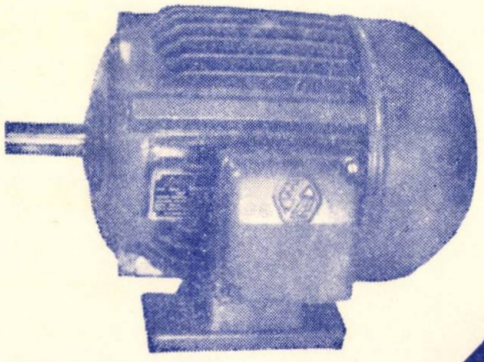
9

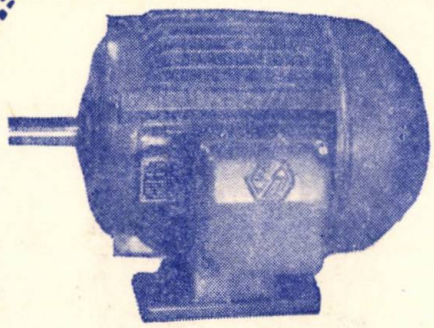
Electrotehnica — București ★ Anul 10 ★ nr. 9 ★ p. 325 — ★ 364 septembrie 1962

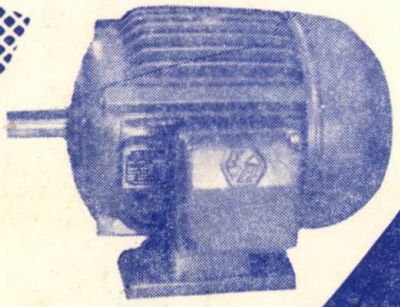
UZINA
ELECTROPRECIZIA

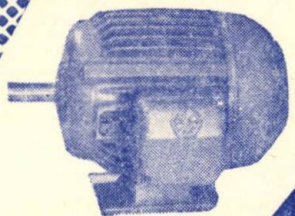
SĂCELE – REGIUNEA BRAȘOV











Produce un bogat sortiment de motoare electrice asincrone trifazate cu rotor în scurtcircuit, pentru puteri de la 0,6 la 13 kW și cu turații de la 750 la 3 000 rot/min, precum și echipament electric pentru tractoare și mașini auto

ELECTROTEHNICA

Anul **10** nr. 9 septembrie 1962

CUPRINS

CZ 061-3(100) CEI „1962"

Avramescu A., Rădulţ R. Horlopan Gh. : **Cea de-a XXVII-a reuniune generală a Comisiei Electrotehnice Internaţionale.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 325–334

CZ 621.316.21.027.7/8 : 015.3

Avramescu A., Drăgan G., Adămuţ I., Popa B. : **Izolaţia staţiilor de înaltă tensiune în lumina normelor naţionale, a recomandărilor CEI şi a unor experimentări efectuate pe izolatoare fabricate în R.P.R.**

Unificarea normelor privind definiţiile diverselor situaţii de funcţionare a instalaţiilor electrice, a valorii tensiunilor nominale maxime, de încercare la impulsie şi a nivelului de protecţie constituie una din preocupările de bază ale CEI pentru stabilirea nivelului de izolaţie optim al staţiilor de înaltă tensiune.

Autorii prezintă unele contribuţii şi propuneri în aceste probleme, comparate cu normele altor ţări bazîndu-se pe cercetările în domeniul izolaţiei şi pe studiu în domeniul protecţiei prin cablu a staţiilor.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 335–347

CZ 621.314.2.017.72

Cîrstea D., Ţenescu V. :**Cercetări experimentale privind răcirea transformatoarelor de putere.**

După ce autorul face o incursiune asupra planurilor generale de răcire a transformatoarelor în ulei se arată care sînt tendinţele moderne din ultimii ani.

Apoi sînt expuse experimentările care s-au făcut la uzinele „Electroputere" asupra unor transformatoare de acelaşi fel însă echipate cu diferite sisteme de răcire.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 347–354

NOTĂ

CZ 621.3.017.8

Saal C. : **Calculul randamentului sau pierderilor.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 355–356

RECENZII, 356–357
SCURTE ŞTIRI DIN STRĂINĂTATE 357–358
REFERATE 358–361
CRONICĂ 361–363
BREVETE R.P.R. 364

Fotografia de pe coperta I reprezintă un generator vertical de 750 CP, 750 rot/min al turbohidroagregatului „Kaplan", iar fotografia de pe coperta a IV-a un motor curent continuu pentru nave.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 061.3(100 (CEI „1962"

Avramescu A., Răduleț R., Horlopan Gh. : **XXVII Генеральное Совещание Международной Электротехнической Комиссии.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 225–334

ДК 621.316.21.017.7/8 : 015.3.

Avramescu A., Drăgan G. Adămuț I., Popa B. : **Изоляция высоковольтных станций в свете национальных норм, рекомендаций МЭК и испытаний проведенных на выпускаемых в РНР изоляторах.**

Объединение норм, касающихся определения различных условий работы электрических установок, величины наибольших номинальных напряжений, испытания на импульсы и защитного уровня являются одним из основных вопросов, разрабатываемых МЭК в целях уточнения оптимального уровня изоляции высоковольтных станций.

Авторы приводят ряд собственных соображений и вносят предложения по этому вопросу, в сопоставлении с нормами других стран, основываясь на исследованиях проводимых в области изоляции и на изысканиях в области кабельной защиты станций.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 335–347

ДК 621.314.017.72.

Cristea D., Țenescu V. : **Экспериментальные исследования по охлаждению трансформаторов мощности.**

После обозрения общих схем охлаждения масляных трансформаторов, автор освещает современные направления, намечающиеся в течении последних лет в этой области.

Затем излагается испытания проведенные заводом „Электропутере" на ряде подобных трансформаторов, оснащенных различными охладительными системами.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 347–354

ЗАМЕТКИ

ДК 621.3.017.8.

Saal C. : **Расчет к.п.д. и потерь.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 355–356

РЕЦЕНЗИИ, 356–357

КРАТКИЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ СООБЩЕНИЯ, 357–358

РЕФЕРАТЫ, 358–361

ХРОНИКА, 361–363

ПАТЕНТЫ Р.Н.Р. 364

INHALTSVERZEICHNIS

CZ 061.3 (100) CEI „1962"

Avramescu A., Rădulet R., Hortopan Gh.: **Die XXVII-te allgemeine CEI—Tagung.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 325—334

DK 621. 31521.027.718 : 015.3.

Avramescu A., Drăgan G., Adămuț I., Popa B.: **Die Isolation der Hochspannungsstationen im Lichte der Landesnormen, der Empfehlung der Internationalen Kommission für Elektrotechnik und einiger Versuche an in der RVR gebauten Isolatoren.**

Die Vereinheitlichung der Normen über die Definierung der verschiedenen Betriebs zustände elektrischer Anlagen, des Werts der Nenn- Höchspannungen, der Stoss- versuche und des Schutzpegels stehen im Brennpunkt der Aufmerksamkeit der Internationalen Kommission für Elektrotechnik um den optimalen Isolationspegel der Hochspannungsstationen festzusetzen.

Die Verfasser unterbreiten einige Beiträge und Vorschläge zu diesem Problem, im Vergleich mit den Normen anderer Länder, auf Grund der Untersuchungen der Isolation und Sicherung durch Eingangskabel der Umspannwerke.

Electrotehnica *10* (1962), 9, 335—347

DK 621.314.2.017.72.

Cîrstea D., Tenescu V.: **Experimentelle Forschungen betreffend das Kühlen der Leistungstransformatoren.**

Nach einer allgemeinen Darlegung der Kühlung der Öltransformatoren werden die modernen Ausrichtungen der letzten Jahre behandelt.

Sodann werden Prüfergebnisse beschrieben, die in den „Electroputere"-Werken an gleichartigen Transformatoren mit verschiednenen Kühlsystemen erzielt wurden.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 347—354

NOTEZ

DK 621.3.017.8.

Saal C.: **Die Berechnung des Wirkungsgrades oder der Verluste.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 355—356

BUCHBESPRECHUNGEN, 356—357

KURZNACHRICHTEN AUS DEM AUSLAND, 357—358

REFERATE, 358—361

CHRONIK, 361—363

R.V.R. — PATENTE, 364

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 10 nr. 9, Bucureşti, septembrie 1962

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

Cea de-a XXVII-a reuniune generală a Comisiei Electrotehnice Internaţionale

Bucureşti, 24 iunie — 7 iulie 1962

Aurel Avramescu, Remus Răduleţ şi Gheorghe Hortopan* — Bucureşti

CZ. 061.3 (100) CEI „1962"

Un eveniment de cea mai mare importanţă pentru electrotehnicienii din ţara noastră s-a petrecut în Capitală în primele zile ale acestei veri.

La invitaţia Comitetului electrotehnic romîn (CER), Comisia Electrotehnică Internaţională (CEI) şi-a ţinut pentru prima dată reuniunea anuală generală la Bucureşti. CEI este nu numai cea mai importantă organizaţie electrotehnică internaţională pe lîngă CIGRÉ şi CEE, dar, în acelaşi timp, cea mai mare reuniune profesională internaţională, în general. Aproape 700 de delegaţi şi însoţitori de peste hotare şi circa 100 de delegaţi ai R.P.R. au luat parte la lucrări. Organizarea unei reuniuni internaţionale de atari proporţii reprezintă pentru Comitetul naţional o sarcină deosebit de dificilă, a cărei ducere la bun sfîrşit depinde, în bună parte, de pregătirea organizatorică prealabilă pînă în cele mai mici detalii. Avînd sprijinul organelor de stat CER a reuşit să imprime reuniunii de la Bucureşti un cadru demn de bunul renume al ospitalităţii romîneşti.

Fig. 1. Tov. Ion Gheorghe Maurer, preşedintele Consiliului de Miniştri al R.P.R., rostindu-şi cuvîntarea de deschidere la Sesiunea CEI.

* Dr. ing. *A. Avramescu* este membru corespondent al Academiei R.P.R., prof. dr. ing. *R. Răduleţ*, membru corespondent al Academiei R.P.R. este directorul Institutului de energetică al Academiei R.P.R., conf. ing. *Gh. Hortopan* este director tehnic al Institutului de cercetări electrotehnice.

Şedinţa festivă de deschidere

Lucrările reuniunii generale CEI s-au deschis, într-un cadru solemn, luni 25 iunie 1962, ora 10, în aula Facultăţii de ştiinţe juridice. În prezidiu au luat loc : Ion Gheorghe Maurer, preşedintele Consiliului de Miniştri al R.P.R., acad. Atanase Joja, preşedintele Academiei R. P. R., ing. Constantin Tuzu, ministrul Metalurgiei şi Construcţiilor de Maşini, ing. Bujor Almăjan, ministrul Minelor şi Energiei Electrice, Dumitru Simulescu, ministrul Transporturilor şi Telecomunicaţiilor, prof. ing. Ştefan Nădăşan, preşedintele Comitetului de Stat pentru Tehnica Nouă, acad. prof. I. S. Gheorghiu, vicepreşedinte al Academiei R.P.R., prof. G. de Zoeten, preşedintele CEI, ing. I. Herlitz şi prof. dr. P. Dunsheath, foşti preşedinţi ai CEI, A. E. Viatkin, preşedintele ISO, L. Ruppert, secretar general al CEI, prof. ing. Remus Răduleţ, preşedintele CER, prof. I. Militineanu şi prof. A. Avramescu, vicepreşedinţi ai CER.

După un salut de bun venit către participanţii la reuniunea generală, adresat de prof. R. Răduleţ, preşedintele CER, preşedintele Consiliului de Miniştri al R.P.R., Ion Gheorghe Maurer, a rostit un discurs inaugural, în care a subliniat că munca de apropiere şi unificare a normelor

industriale electrotehnice, dusă la înalt nivel tehnico-ştiinţific cu deplină comprehensiune a situaţiilor particulare şi cu responsabilitate colectivă privind deciziile finale, este de mare importanţă în prezent, cînd industrializarea a numeroase regiuni de pe glob impune o intensificare a schimburilor internaţionale. „Comisia Electrotehnică Internaţională aduce mari servicii umanităţii în ce priveşte realizarea unui ţel, care ocupă un loc central în preocupările epocii noastre şi anume, de a extinde şi aprofunda colaborarea între popoare, cu scopul creării unor condiţii favorabile pentru coexistenţa paşnică între ţări cu sisteme sociale diferite".

În ţara noastră lucrările CEI se urmăresc îndeaproape de la reintrarea R.P.R. în cadrul CEI în 1957, multe din standardele de stat adoptînd integral sau parţial recomandările CEI.

Ion Gheorghe Maurer a făcut apoi un scurt tablou al marilor progrese realizate în ţara noastră în anii regimului de democraţie populară, în industrie, în învăţămînt, în cercetarea ştiinţifică şi a urat participanţilor spor la muncă şi zile plăcute de destindere în frumoasa noastră patrie.

A urmat cuvîntul de deschidere al d-lui prof. Gisbert de Zoeten, preşedintele CEI, în care mulţumind preşedintelui Consiliului de Miniştri al R.P.R., colegilor săi şi autorităţilor R.P.R., pentru contribuţiile şi prezenţa lor la deschiderea reuniunii generale CEI, pentru cuvintele de bun sosit, a arătat că la invitaţia CER, 29 de comitete naţionale au răspuns trimiţînd în total aproape 700 de delegaţi la reuniune.

S-au prevăzut 34 de sesiuni ale comitetelor de studii şi ale subcomitetelor, în afară de sesiunile consiliului, comitetului de acţiune şi grupului consultativ pentru problemele de securitate.

Salutînd pe dl. Viatkin, preşedintele ISO, dl. de Zoeten a spus textual: „Să nu uităm niciodată că efectul care poate fi obţinut de CEI este unul foarte preţios, şi anume ridicarea barierelor comerţului internaţional, cauzate de diferenţele în prescripţii, care nu pot fi explicate prin diferenţe esenţiale de condiţii existente în diferite ţări". După acestea, urînd dezbaterilor spor la muncă, a declarat deschisă a XXVII-a reuniune generală a CEI, la Bucureşti, 1962.

În cuvîntul de salut adus de preşedintele Organizaţiei Internaţionale de Standardizare, A. E. Viatkin, s-a subliniat că cele două organizaţii internaţionale au ţeluri comune şi trebuie să colaboreze strîns. Dezvoltarea rapidă a ştiinţei şi tehnicii pune mereu noi probleme care aşteaptă o reglementare pe plan internaţional. Astfel, după introducerea treptelor de tensiune de 400 şi 500 kV, electrotehnicienii proiectează o nouă treaptă de circa 750 kV, în curent alternativ, şi de 1 000 kV, în curent continuu. În electronică s-au consemnat, de asemenea, evoluţii tumultoase, care necesită o examinare atentă în scopul unei unificări şi normări internaţionale.

După ce a constatat că şi pînă în prezent colaborarea dintre ISO şi CEI a fost strînsă şi fructuoasă, preşedintele ISO şi-a exprimat speranţa ca bunele relaţii să se adîncească şi mai mult în viitor.

Ultimul a luat cuvîntul dr. Ivar Herlitz, fost preşedinte al CEI, ţinînd a opta şi ultima conferinţă în memoria lui Charles Le Maistre, fost stîlp la CEI, decedat în anul 1953, întitulată: „Comisia Electrotehnică Internaţională, ieri, azi şi mîine".

Meritul lui Charles Le Maistre a fost reactivarea lucrărilor CEI după război şi îndrumarea lor pe linia bunelor tradiţii şi pe experienţa cîştigată. Problemele fundamentale necesitau o primă reglementare, iar specialiştii respectivi, de o largă viziune şi dotaţi cu deosebite abilităţi în vederea colaborării şi cooperării, au imprimat caracterul principal lucrărilor CEI. In prezent 75% din publicaţiile CEI se referă la terminologie, simboluri şi încercări, 15% la normarea caracteristicilor şi performanţelor şi numai 10% se referă la dimensiuni, ceea ce constituie partea principală în standardele naţionale. În viitor această linie va trebui amendată, spre a evita ca, în materie de standarde, de caracteristici şi dimensiuni, diversitatea iniţiativelor naţionale să împiedice tratativele unificării internaţionale. Exemple sînt: normalizarea treptelor de tensiune ale reţelelor electrice, limitarea încălzirii transformatoarelor, nomenclatura şi aparatele electrice casnice, oarecum neglijate de CEI.

Cu toate acestea nu poate fi vorba de a se aduce modificări mai importante în statutele, în organizarea şi modul de lucru al CEI, ci numai de a le adapta la condiţiile noi create de progresul tehnic şi de scurtarea distanţelor (a „lumii în contracţie" după prof. de Zoeten). Unificarea şi normarea internaţională par a fi chiar mai necesare ca înainte. De aceea, creşterea CEI, în medie cu 15% anual, corespunde necesităţilor reale şi reprezintă un semn de încredere în autoritatea ei şi în utilitatea lucrărilor de unificare a standardelor pe plan internaţional.

Lucrările comitetelor de studii

Toate şedinţele de lucru ale comitetelor tehnice (CT) au avut loc în amfiteatrele şi sălile de cursuri ale Facultăţii de ştiinţe juridice a Universităţii din Bucureşti, după programul stabilit în prealabil şi publicat în revista noastră la pag. 181, nr. 5/1962. Redăm, în cele ce urmează, un rezumat al acestor lucrări, deoarece ele interesează în cel mai înalt grad pe

specialiștii noștri electrotehnicieni din uzine, exploatări și institute.

CT 1 : *Nomenclatura*

Sub președinția d-lui F. Cahen (Franța), secretar fiind dl. Ch. Dietsch (Franța), lucrările s-au desfășurat conform ordinei de zi. Dele-

Fig. 2. — Prof. Van Zoeten rostindu-și cuvîntarea de deschidere la Sesiunea CEI.

gația țării noastre, condusă de prof. R. Rădulet, a fost compusă din cinci membri.

După aprobarea dării de seamă a reuniunii precedente de la Madrid în 1959, secretariatul a făcut o prezentare a situației actuale a ediției a doua a vocabularului electrotehnic internațional (VEI), după care s-a trecut la discuția în detaliu a ediției a treia. În legătură cu propunerea delegației suedeze, de a se da o nouă formă vocabularului, conducătorul delegației R.P.R. a făcut propuneri concrete.

Pentru redactarea nouă a unor paragrafe din documentul discutat s-a alcătuit un grup de lucru, sub conducerea prof. G. Kapp (Anglia), la care a fost cooptat și un delegat al R.P.R. Spre a elimina un paralelism dăunător între activitatea de terminologie a CT și CT 1 s-a aprobat ca în viitor definițiile termenilor de specialitate să fie redactate de CT de specialitate. Un grup de lucru va prepara și organiza munca pe aceste baze în vederea redactării ediției a treia a VEI.

Prof. G. Kapp a cerut o mai strînsă colaborare între CT 37 ISO și CT 1 CEI în materie de terminologie, de asemenea o activare a colaborării comitetelor naționale la lucrările CT 37 ISO. CER care a colaborat în trecut activ în această direcție va trebui să continue și să anime-ze această colaborare.

În legătură cu termenul fazor delegația R.P.R. urmează să prezinte un punct de vedere concretizat într-un document.

CT 2 : *Mașini rotative*

Delegația R.P.R. în frunte cu acad. I. S. Gheorghiu și prof. Al. Nicolau a fost compusă din 17 membri.

S-a discutat modificarea publicației CEI34-2 „Recomandări pentru mașinile electrice rotative" pe baza unui document prezentat de delegația Franței. S-au discutat în contradictoriu conceptele reprezentate prin termenii „regim " și „serviciu", care în limba franceză și engleză (rating, load, duty) au semnificații diferite, un grup de lucru urmînd a formula o propunere.

În loc de patru servicii recomandate în document, s-au propus opt servicii. Neputîndu-se ajunge la o înțelegere, un grup de lucru, format din dr. Scharstein (Germania) și ing. V. Liuba (R.P.R.), a fost desemnat să lămurească chestiunea serviciilor cerute în plus. Grupul a propus luarea în considerare a momentului de inerție a mașinilor antrenate, în raport cu cel al motorului. Deocamdată s-a reținut propunerea delegației R.P.R., — să se păstreze patru servicii.

S-a aprobat metoda de calcul al ondulării formei sinusoidei, toleranțele urmînd a se specifica ulterior.

S-a admis ca mașinile vechi reparate să fie încercate dielectric la 75% din tensiunea de încercare normală.

În ce privește studiul zgomotului mașinilor s-a hotărît amînarea lucrărilor pînă după precizarea de către ISO a metodelor de măsurare a zgomotelor.

S-a decis suprimarea publicației CEI 53 „Indicații pentru furnizat pentru cererile de ofertă și comenzi pentru mașini electrice" și înglobarea unor recomandări din ea în publicația CEI 34-1.

SCT 2F : *Dimensiunile periilor de cărbune*

Cu participarea a patru delegați ai R.P.R. s-a discutat necesitatea unor prescripții privind încercările comparative dintre perii de diferite proveniențe. Un grup de lucru din care a făcut parte și delegatul R.P.R., ing. A. Berberian, a formulat propuneri pentru stabilirea dimensiunilor cablurilor de legături la perii.

S-a aprobat în unanimitate propunerea R.P.R cuprinsă în documentul 2F (Roumanie) 1, pentru modificarea unor figuri în proiectul de recomandări discutat.

SCT 2G : *Mărimile mașinilor electrice*

S-au discutat metodele de determinare a mărimilor mașinilor sincrone plecînd de la încercări, hotărîndu-se :

— determinarea constantei de accelerare a mașinii din puterea aparentă, contrar definiției din VEI nr. 10.45.150 ;

— egalarea reactanței cu impedanța la toate mașinile cu puteri ce întrec 15 kVA.

Pentru determinarea reactanței Potier s-a instituit un grup de lucru din care face parte și ing. V. Bunea (R.P.R.).

CT **8** : *Tensiuni, curenți și frecvențe standard*

La lucrări au participat 39 de delegați din 16 țări, președinte fiind dl. Metraux (Elveția), iar secretar dl. Valtorta (Italia). Delegația R.P.R. a fost compusă din cinci membri titulari și cinci membri suplimentari.

S-a discutat revizuirea publicației CEI 38 : „Tensiuni normale ale rețelelor" în speță definirea termenilor :

— tensiunea cea mai înaltă ;
— tensiunea nominală ;
— tensiunea cea mai scăzută ;
— tensiunea standard cea mai înaltă a echipamentului.

S-a hotărît ca pînă la tensiunea nominală de 60 kV, tensiunea cea mai înaltă a rețelei să fie dată în procente ale tensiunii nominale, dat fiind numărul mare de consumatori racordați, ceea ce reclamă relații simple, pe cînd peste 60 kV să se dea valoarea absolută, ea fiind importantă pentru dimensionarea izolației echipamentului.

Discutîndu-se tablourile conținînd seriile de tensiuni maxime și nominale s-au propus numeroase modificări sub 60 kV, iar peste 60 kV s-a aprobat tabloul :

$U_m = 72{,}5$ kV	$U_{n\,\mathrm{I}}$ 66 kV	$U_{n\,\mathrm{II}}$ 69 kV
123	110	115
145	132	138
170	150	161
245	220	230
300	275	287
362	330	345
420	380	400
525	500	500

La reuniunea viitoare se va discuta introducerea treptei de circa 700 kV.

CT **17** : *Aparataj de conectare*

Prima ședință a fost deschisă de către prof. G. de Zoeten (Olanda) președintele CEI și fost președinte al comitetului 17, care a rostit o scurtă cuvîntare asupra dezvoltării comitetului și a lucrărilor efectuate pînă în prezent, caracterizînd personalitatea noului președinte E. Maggi (Italia). După aceasta prof. de Zoeten și-a luat rămas bun de la colegii săi din comitetul 17, iar noul președinte a deschis discuțiile propriu-zise, privind definițiile aparatelor de întrerupere, luînd ca bază un document întocmit de către un grup de lucru restrîns.

Înainte de a se trece la discuții în detaliu, delegația R.P.R. a ridicat o chestiune cu caracter general, făcînd o propunere de a clasifica cei peste 60 termeni definiți în 5 clase, spre a-i putea regăsi mai ușor, aplicînd în același timp o clasificație zecimală, similară cu cea aplicată și în alte documente CEI. După discuții s-a admis în principiu necesitatea clasificării termenilor în grupe, dar aplicarea propunerii s-a amînat pînă cînd toți termenii care se definesc se vor stabili.

După aceasta s-a trecut la discuția în detaliu a termenilor din document, propunîndu-se numeroase modificări ce se vor supune aprobării delegaților, după regula de 6 luni.

SCT **17 A** : *Aparataj de înaltă tensiune*

S-au dezbătut o serie de probleme în strînsă dependență atît cu extinderea rețelelor electrice, ca putere și tensiune, cît și cu utilizarea unui aparataj de înaltă tensiune cît mai potrivit, într-un punct determinat al rețelei.

Se constată că publicația CEI 56 „Reguli pentru întreruptoarele de curent alternativ" nu mai corespunde stadiului actual al dezvoltării tehnicii întreruperii, mai ales în ce privește condițiile de recepție a unor întreruptoare, destinate să întrerupă linii în gol, sarcini inductive, sarcini capacitive.

Ghidul pentru încercarea în rețea a întreruptoarelor la ruperea curenților liniilor în gol a fost adoptat spre a fi publicat după o nouă examinare a comitetului de editură.

Ghidul pentru încercarea întreruptoarelor la ruperea curenților cablurilor în gol a fost acceptat și va fi publicat ca supliment la publicația CEI 56.

Ghidul pentru încercarea întreruptoarelor la întreruperea curenților bateriilor de condensatoare a fost acceptat și va fi publicat ca supliment la publicația CEI 56.

Într-un document, de asemenea aprobat, se precizează tensiunile de încercare la impuls și frecvență industrială pentru separatoarele cu tensiunea de 420 kV.

Un document referitor la supratensiunile maxime produse prin întreruperea circuitului de întreruptor a fost viu discutat. Principial s-a admis ca mărimea supratensiunilor de comutație să se raporteze la tensiunea de ținere U_i la impuls. Astfel s-a admis că supratensiunea de comutație de 0,72 U_i este corectă dacă se consideră izolația transformatorului, dar este prea mare pentru izolația în aer între pămînt și faze (conturnare pe izolația în aer). Întrucît nu s-a ajuns la un acord, această problemă a fost remisă ca temă de studiu CIGRÉ. De asemenea, factorul de supraoscilație a rămas a fi studiat mai tîrziu în cadrul grupei de lucru.

S-a început discutarea documentului 17 A (Secretariat) 27, specificații pentru întreruptoare, dar din lipsă de timp, urmează ca încheierea să se facă în sesiunea următoare. A rezultat că este esențial ca pe eticheta întreruptorului să se indice, într-un mod oarecare, capacitatea întreruptorului de a rupe, în afara curenților de scurtcircuit normali, și curenții

transformatoarelor în gol sau ai bateriilor de condensatoare.

Din delegația R.P.R. au luat parte la dezbateri : I. Crișan, Gh. Hortopan, A. Avramescu, B. Mathé ș.a.

SCT **17B** : *Aparate de conectare de joasă tensiune*

S-au discutat prescripțiile pentru întreruptoare automate, contactoare și întreruptoare pentru acționarea motoarelor. De asemenea, distanțele de conturnare și liniile de fugă pentru contactoare.

S-a aprobat circularea, după regula de șase luni, a propunerilor privitoare la publicația CEI 56 — 4.

CT **20** cu SCT **20A** și **20B** : *Cabluri electriec*

În subcomitetul SCT — 20 A s-au discutat recomandările pentru încercările cablurilor fără scurgere izolate cu hîrtie și sub înveliș metalic, pentru tensiuni alternative de 10— —35 kV, și s-a propus să se specifice că măsurarea tangentei trigonometrice a unghiului de pierderi se face înainte de încercarea la tensiune. S-a pregătit apoi proiectul de recomandare pentru alegerea cablurilor izolate cu hîrtie, pentru a fi supuse aprobării comitetului de acțiune, spre a fi difuzate după regula celor șase luni. Recomandările privind încercările rezistenței la coroziune a protecției mantalelor cablurilor metalice, completate, urmează să fie distribuite din nou comitetelor naționale pentru CEI. S-a stabilit ca grupa de lucru să completeze și să distribuie comitetelor naționale proiectul de recomandări pentru încercările cablurilor la undă de impuls. S-a stabilit că este prematur să se standardizeze încercările cablurilor izolate cu hîrtie impregnată și cu manta metalică, pentru transmisiunea de energie în curent continuu, la tensiuni de peste 50 kV, propuse prin documentul 20 (CIGRÉ) 2. S-a cerut trimiterea în studiul CIGRÉ a problemei comutării cablurilor fără sarcină și s-acerut lărgirea domeniului de activitate al subcomitetului 20 A, pentru a cuprinde și încercările și alegerea cablurilor izolate cu hîrtie, cu tensiunea nominală sub 10 kV, care cuprind și cablurile izolate cu materiale plastice.

În SCT 20 B s-a luat în discuție situația actuală a standardizării internaționale a cablurilor și conductoarelor pentru mașini-unelte (pe baza documentului 691/SC 20 B), stabilindu-se, printre sarcinile subcomitetului, determinarea sarcinilor maxime în raport cu secțiunile, standardizarea secțiunilor nominale și elaborarea de specificații complete pentru cablurile cu izolație de PCV și de cauciuc. S-a stabilit că temperatura maximă admisibilă pentru cablurile cu PCV, respectiv cu cauciuc, să fie de 70°C, respectiv 60°C. În recomandările privind standardizarea secțiunilor nominale și a compoziției inimii conductoarelor de cupru, pentru cablurile izolate cu PCV, sau cu cauciuc, pentru tensiuni de cel mult 750 V, s-a hotărît ca grupa de lucru, însărcinată cu îmbunătățirea documentului, să cuprindă și conductoarele pentru instalațiile fixe (propunerea cehoslovacă susținută de delegația noastră). S-a hotărît apoi ca conductoarele neutre și de punere la pămînt să fie astfel colorate, în galben și verde, încît pe o porțiune de 15 mm nici una din culori să nu ocupe sub 30%, respectiv peste 70%. În problema recomandărilor de specificații pentru cablurile suple izolate cu cauciuc, pentru tensiuni nominale de cel mult 750 V, s-au menținut valorile și metodologia propuse de către secretariat, atît pentru cazul cauciucului natural, cît și al celui sintetic, pentru a nu bloca lucrările, deși izolațiile pe bază de cauciuc sintetic sînt încă în fază de studiu. În problema recomandărilor de specificații pentru cablurile izolate cu PCV și satisfăcînd în rest condițiile de mai sus s-a hotărît să se formeze o grupă de lucru pentru integrarea observațiilor și propunerilor delegației noastre, de a coborî temperatura de încercare de 80°C la 70°C și de a face verificarea conductelor după proba de încălzire.

CT **22**, cu SCT **22A**, **22B**, **22C** : *Convertizoare statice de putere*

S-au amînat pentru reuniunea următoare problemele convertizoarelor cu mercur pentru tensiuni de peste 50 kV, pentru transmisiunea de energie în curent continuu, propuse prin documentul 22 (U.R.S.S.) 4, și s-au acceptat simbolurile grafice pentru convertizoarele statice ale stațiunilor de putere, propuse de Secretariat. S-a hotărît circularea după regula celor șase luni a recomandărilor pentru ondulare, cum și o nouă punere în discuția comitetelor naționale a proiectului de recomandări pentru convertizoarele cu vapori de mercur pentru puteri reversibile, după ce i s-au adus numeroase modificări de detaliu. Subcomitetul 22 C, înființat pentru problemele de ignitroane și excitroane, a hotărît să-și limiteze cîmpul de activitate la ignitroanele pentru sudura prin rezistență.

În particular, în subcomitetul de studiu 22 B, s-a discutat raportul pentru redresoare cu semiconductoare cristaline, care a obținut aprobarea țărilor membre — printre care și a țării noastre — după regula celor șase luni. S-au luat apoi în discuție recomandările de elaborat cu privire la convertizoarele de putere cu tiristori și s-au acceptat propunerile unei grupe de lucru ad-hoc, din care a făcut parte și delegatul romîn R. Stere, privind concepte în cepturi cu tensiunea de blocaj. Documentul refăcut de secretariat, pe baza discuțiilor purtate, va fi supus discuției într-o reuniune ulterioară a subcomitetului.

CT **24** : *Mărimi și unități electrice și magnetice*

S-au discutat și s-au adus completări documentului „Recomandările CEI în domeniul mărimilor și unităților electrice și magnetice" după care s-a hotărît difuzarea (circularea) lui pentru votare, după regula celor șase luni.

S-a discutat dacă există compatibilitate între rezoluția CEI de la Sheveningen (1935), privitoare la reprezentarea grafică a puterilor reactive, și cea de la Madrid (1959), privitoare la semnul acestei puteri. S-a hotărît să se introducă o notă care constată invalidarea la Madrid a rezoluției de la Sheveningen, în măsura în care se convine ca un vector dirijat în jos să reprezinte o mărime negativă. Delegația noastră s-a abținut de la vot, unii dintre membrii ei exprimînd opinia că textul acestei note nu exprimă destul de clar convențiile folosite în reprezentarea grafică a diferitelor clase de puteri.

S-a convenit apoi că, dacă una dintre unitățile MKSA raționalizate ale mărimilor „tensiune magnetică" sau „intensitatea cîmpului magnetic" va primi numele unui savant, acesta să fie numele lui Lenz, propus de Comitetul național sovietic și cuprins în ancheta întreprinsă de secretariat. Cum unii dintre delegați au fost de părere ca nici una dintre aceste mărimi să nu primească numele vreunui savant, s-a hotărît să se difuzeze un document nou, cu o propunere unică, spre toate comitetele naționale : „Dacă sînt sau nu sînt de acord cu numirea „Lenz" pentru unitatea de măsură a intensității cîmpului magnetic în sistemul MKSA raționalizat".

S-a hotărît apoi, la propunerea delegației sovietice, ca mărimile ε_0, respectiv μ_0, care reprezintă limitele permitivității și permeabilității în vid la intensități de cîmp foarte slabe, să fie numite constantă electrică și constantă magnetică.

S-a hotărît formarea unui grup de lucru preparator, privitor la documentul „Convențiile asupra circuitelor electrice și magnetice" doc. 24 (Secretariat) 114, din care vor face parte țările ce au prezentat observații scrise importante, printre care și țara noastră, care consideră documentul drept un pas important spre problema asociației sensurilor de referință — urmînd ca prin Comitetul electrotehnic romîn să comunicăm Secretariatului CT 24 (Franța) numele delegatului nostru la lucrările grupului, care vor avea loc la Paris în noiembrie a.c. Țara noastră, în care problema a fost studiată cu atenție, va putea aduce o contribuție utilă la activitatea acestui grup de lucru.

S-a hotărît să se difuzeze după regula celor șase luni propunerea de a se omite din documentul ISO 439 relațiile „1VA=1W și 1VAR=1W", și s-a amînat pentru reuniunea următoare problema raționalizării în electromagnetism, cu privire la care Comitetul electrotehnic romîn are un studiu tipărit și două documente prezentate la reuniunea din București : doc. 24 (Roumanie, Bucarest) și anexa lui privitoare la numărul de dimensiuni fundamentale.

CT **25**, *cu* **25 Exp.**: *Simboluri literale și grafice*

În problema propunerii de a se utiliza același simbol literal, pentru o mărime și pentru raportul fără dimensiuni dintre ea și o valoare de referență a speciei, delegatul romîn Al. Timotin arată că distincția dintre mărimea cu dimensiuni și mărimea adimensională corespunzătoare, care poate caracteriza aceleași și numai aceleași proprietăți, respectiv relații, ca prima, este util să fie făcută prin utilizarea aceleiași litere pentru raport, însă de altă factură sau afectată de indici, pentru a sugera simbolul mărimii cu dimensiuni. În problema simbolizării permitivității și permeabilității relative cu literele k și p, s-a hotărît menținerea vechilor simboluri ε și μ. În problema semnelor mărimilor complexe impedanță (z) și admitanță (y) care pot fi prezentate sub forma $z = Re^{jx}$ pentru impedanță, sub formele $Y = A + jB$, respectiv $Y = G - jB$ pentru admitanță, ultima conducînd la relația $Y = 1$, s-a hotărît să se conserve relația $A + jB$, fără a se specifica alegerea între formele $Y = A + jB$ și $Y = G \pm jB$. S-a hotărît ca pentru constantele universale incluse în documentele CEI să se indice data determinării sau publicării valorilor consemnate. S-a mai hotărît ca delegația engleză să elaboreze un document privitor la conceptul desemnat de termenul englez „voltage". S-a cerut circularea proiectului pentru a patra ediție a Publicației 27, pe baza documentului 25 (Secretariat) 13.

CT **28** : *Coordonarea izolației*

La lucrări au participat 52 de delegați din 20 de țări. Delegația țării noastre, compusă din șase membri, a fost condusă de tov. dr. ing. A. Avramescu.

Președintele comitetului dl. Langlois-Berthelot (Franța) a condus dezbaterile. S-au aprobat două nivele de izolație intermediare între 350 și 600 kV, pentru a ține seamă de situația concretă din U.R.S.S.

Privitor la măsurile de luat pentru menținerea coordonării izolației la altitudini peste 1 000 m, în urma unor observații anterioare ale CER și a unei note publicate în nr. 6 al revistei Electrotehnica, secretariatul a pregătit o nouă redactare care a fost găsită satisfăcătoare.

S-a discutat îndelung situația izolațiilor reduse pentru tensiuni nominale ce nu întrec 100 kV. Președintele a căutat să obțină un vot asupra oportunității de a reduce nivelele de izolație în acest domeniu, dar delegații mai multor țări s-au opus cerînd ca această chestiune să fie reexaminată.

Secretariatul a pus în discuție două propuneri noi pentru definirea „clasei de izolație", care au fost trimise la CT 8.

În cursul reuniunii s-a difuzat un document însoțit de tabele și diagrame, întocmit de un colectiv de cercetători din Institutul de energetică al Academiei R.P.R., care înfățișa relațiile statistice actuale dintre valorile tensiunii nominale, ale tensiunii maxime a rețelei și ale tensiunii de ținere la impuls indicînd devierile de la media generală. Acest document s-a întocmit tocmai spre a se ușura unificarea internațională a normelor și standardelor în acest domeniu.

CT **30**: *Tensiuni foarte înalte*

Au luat parte 50 de delegați din 18 țări, președinte fiind dl. Ailleret (Franța).

Pe agendă au figurat problemele: decizie asupra valorii exacte a tensiunii foarte înalte, peste tensiunea de 500 kV și tensiuni nominale standardizate pentru transportul în curent continuu.

Valoarea exactă a tensiunii de transport peste 500 kV nu s-a putut stabili la sesiunea actuală. Delegația sovietică a propus tensiunea nominală de 750 kV, motivînd adoptarea acestei tensiuni pe baza unei progresii geometrice cu rația cc 1,5. Astfel se stabilesc seriile: 220, 330, 500, 750 kV.

Delegații altor țări au propus tensiunea nominală de 700 kV, ca fiind recomandată de CIGRÉ și pentru motivul că transformatoarele, la această tensiune mai mică, sînt mai ușor transportabile pe calea ferată sau pe șosele.

S-a stabilit o nouă reuniune a comitetului, în luna octombrie a.c., pentru adoptarea în mod definitiv a unei valori acceptate de toate țările.

Tensiuni nominale de transport în curent continuu. S-a citit comunicarea comitetului de studii nr. 10 CIGRÉ, care trebuia să facă recomandări. Se precizează că este prea de vreme ca să se normalizeze tensiunile în curent continuu, deoarece ventilele (redresoare) sînt în plină evoluție, în ce privește tensiunea maximă care se poate obține pe ventil. În decursul anilor s-a asistat la dezvoltarea ventilelor de 50 kV, 100 kV, 125 kV. În orice caz tensiunile în curent continuu care se vor adopta vor fi multipli ai tensiunii care se obține cu schemele care folosesc un singur ventil în serie.

Punctul de vedere al delegației sovietice a fost susținut de dr. L. C. Mamikonianț.

CT **31**, *cu* SCT **31 B**: *Material electric pentru atmosfere explozive*

S-a definitivat metoda de măsurare a temperaturii de aprindere a gazelor și s-au aprobat documentele elaborate după reuniunea CEI de la Interlaken. S-a renunțat la propunerea de a se elabora recomandări pentru încercarea la explozie a produselor electrotehnice antiexplozive în stare finită — și s-a convenit ca, după studierea marcajelor folosite actualmente în țările membre, să se elaboreze o recomandare de marcaj internațional (la propunerea delegației romîne). S-a discutat apoi aplicarea în măsură mai largă pe plan național, a recomandărilor CEI în specialitate.

În subcomitetul SCT 31 B s-au discutat rezultatele încercărilor efectuate de specialiștii francezi și reproduse cu aceleași rezultate de specialiștii sovietici, privitoare la echipamentele electrotehnice antiexplozive cu izolant pulverulent și s-a ajuns la concluzia ca aceste echipamente să asigure securitatea nu numai în serviciul normal, ci și în cazul unor defecțiuni electrice interne. Discuțiile specialiștilor francezi și sovietici, privitoare la gradul de protecție, vor fi aduse ulterior la cunoștința subcomitetului. S-a aprobat ca plăcuțele indicatoare ale acestor materiale să poarte și tipul de construcție, cum și autoritatea de control autorizat (propunere romînească).

S-a cerut circularea după regula celor șase luni a documentului 31 (Secretariat) 20.

CT **33**: *Condensatoare de putere*

S-au discutat metodele de încercare a condensatoarelor pentru motoarele electrice, tipurile cu hîrtie și folio de aluminiu, cu hîrtie metalizată, cu și fără autoregenerabili, și cu electroliți speciali — și a rămas în sarcina unei grupe de lucru stabilirea metodei de încercare a condensatoarelor cu hîrtie metalizată.

În domeniul transformatoarelor capacitive de tensiune s-a remarcat tendința constructorilor occidentali de a le folosi în locul transformatoarelor de măsură de tipul bazat pe inducția electromagnetică, din motive de economie. O grupă de lucru însărcinată cu problemele condițiilor de încercare a acestor transformatoare capacitive se va întruni la Bruxelles.

S-a cerut circularea după regula celor șase luni a documentului 33 (Biroul Central) 22.

CT **35**: *Pile electrice și baterii*

S-a hotărît să se introducă în recomandările CEI încercările pilelor de aparate „Blitz", pentru fotografie, ale pilelor și bateriilor pentru aparate transistorizate, cum și ale pilelor în condiții speciale de umiditate și temperatură și la etanșare. S-a hotărît standardizarea rezistențelor de descărcare a pilelor, cum și a pieselor terminale ale pilelor cilindrice, spre a asigura interschimbabilitatea acestora.

S-a cerut circularea după regula celor șase luni a unor documente.

Din discuții s-au desprins elemente privind starea actuală a fabricației și tendințelor de dezvoltare din străinătate, cu învățăminte pentru lărgirea sortimentelor fabricației noastre și pentru studii și încercări în vederea revizuirii standardului nostru STAS 809.

CT **36** : *Izolatoare*

S-au discutat și s-au luat hotărîri în probleme de tensiuni de probă, durata probei sub ploaie artificială, umiditatea relativă a aerului și toleranțele dimensiunilor izolatoarelor de înaltă tensiune.

CT **37** : *Descărcătoare*

La ședințele prezidate de I. S. Cliff (Marea Britanie) au luat parte 38 de delegați din 19 țări, delegația R.P.R. fiind compusă din cinci membri.

După aprobarea procesului verbal al reuniunii din Interlaken în 1961, s-a trecut la examinarea în detaliu a observațiilor referitoare la documentul 37 (Secretariat) 12, al treilea proiect pentru anexa C la publicația 99 — 1 CEI : „Ghid de aplicație pentru descărcătoare cu rezistență neliniară". După ce s-au discutat 70 de propuneri de modificare, dintre care cele mai multe au fost acceptate, s-a deferit documentul comitetului de redacție spre a întocmi o nouă redactare, care se va supune spre aprobare, conform regulii de 6 luni, comitetelor naționale.

Delegația țării noastre a intervenit în următoarele probleme :

a) A cerut să se precizeze lungimea cablurilor „scurte" cu care se racordează mașinile electrice direct la linii aeriene, propunînd ca „scurte" să se considere lungimile sub 200 m. Cu toate că principial s-a admis că ar fi necesar să se precizeze limita superioară, totuși asupra cifrei nu s-a realizat încă un acord.

b) A cerut ca drept surse de supratensiuni de comutare să se considere „punerea, scoaterea de sub tensiune și întreruperea în sarcină a liniilor aeriene", ceea ce s-a aprobat.

c) A propus denumirile : „nivel keraunic" și „curbă izokeraunică", în loc de nivel izokeraunic, ceea ce s-a admis.

Al doilea document discutat 37 (Secretariat) 13 a fost un prim proiect de propunere pentru revizuirea publicației CEI 99 — 1 : „Recomandări pentru descărcătoare cu rezistență variabilă".

S-a căzut de acord ca tensiunea de aprindere și cea reziduală să fie considerate egale în recomandare, pentru a avea o singură referință pentru nivelul și coeficientul de protecție.

S-au discutat în detaliu valorile din tabelele anexate la document, făcîndu-se numeroase modificări, care s-au deferit secretariatului în vederea unui nou proiect.

S-au propus și discutat încercări de descărcare a liniilor pe descărcătoare.

Un document anunțat și inclus în procesele verbale nu s-a încheiat de către secretariat, din cauza dificultăților de a programa datele pentru mașinile digitale de calcul. El se referă la o metodă grafică de determinare a distanței maxime admise dintre descărcător și materialul de protejat.

În încheierea lucrărilor, președintele a mulțumit secretarului C. F. Links (S.U.A.) pentru munca susținută, efectuată la pregătirea lucrărilor comitetului.

CT **41** : *Relee de protecție*

S-a luat în discuție stabilirea domeniului de activitate a CT 41 pe baza propunerilor primite de la comitetele naționale. S-a convenit ca el să cuprindă releele electrice, cu excepția celor folosite în telefonie, telegrafie, radiotransmisiune și instalații feroviare, pentru care există alte comitete de studii, specializate. Un grup de lucru ad-hoc, din care a făcut parte ca președinte și delegatul romîn prof. C. Penescu, a dat forma definitivă textului privitor la această delimitare. S-a propus apoi ca numele purtat de comitetul 41 să fie „Relee electrice", conform propunerii Comitetului național romîn.

S-au discutat apoi problemele de terminologie propusă de documentul 41 (Secretariat) 9, ajungîndu-se la următoarele hotărîri : la temperatura maximă de 40°C, din document se vor respecta numai unele din condițiile de funcționare a releelor. Cum nu s-a căzut de acord în privința acceptării ca funcționarea releelor la 110% din tensiunea nominală să fie acceptată concomitent cu temperatura maximă de 40°C, cum și în privința clasificației releelor în clasele de precizie ale aparatelor de măsură, respectiv nu s-a ajuns la formularea definitivă în privința defalcării mărimilor surselor auxiliare din mărimile de alimentare, propusă de delegația romînă, s-a format o grupă de lucru 3, ce cuprinde și un delegat romîn, care va primi pînă la sfîrșitul anului observațiile comitetelor naționale, privitoare la punctele amintite, și va elabora și trimite comitetelor naționale în anul 1963 un text definitiv privitor la ele. S-a cooptat delegatul romîn C. Mihăileanu în grupa de lucru 1, Terminologie, care va discuta și propunerea noastră privitoare la definiția releelor de distanță.

CT **42** : *Tehnica încercărilor de înaltă tensiune*

Pe agenda sesiunii de la București au figurat următoarele probleme mai importante : măsura descărcărilor parțiale în timpul încercărilor de înaltă tensiune și tehnica încercărilor de înaltă tensiune.

Documentul 42 (Secretariat) 8 : „Măsurarea descărcărilor parțiale în timpul încercărilor de în-

altă tensiune" a fost întocmit, în prima fază, cu referire la încercarea în curent continuu. Există în prezent trei tipuri de instrumente care măsoară descărcările de înaltă tensiune:

— Măsurarea sarcinii q independent de frecvența de repetiție n (metoda NEMA sau CISPR).

— Măsurarea separată atît a sarcinii q cît și a frecvenței n (metoda oscilografică ERA).

— Măsurarea produsului $q.n$ (metoda Rabus-Widemann).

Mărimea impulsului unei descărcări parțiale este reprezentată prin sarcina q necesară pentru a schimba tensiunea între bornele obiectului supus încercării, cu aceeași valoare ca aceea pe care a pierdut-o rapid în timpul descărcării parțiale.

Secretariatul a pus la dispoziția participanților o listă bibliografică, conținînd 57 de lucrări care tratează despre descărcările parțiale.

La acest document, aflat în dezbaterea comitetului pentru prima dată, s-au făcut numeroase observații cu privire la recomandarea unui număr limitat de metode de măsură, dat fiind diversitatea metodelor folosite astăzi în laboratoarele de înaltă tensiune. S-a constituit o grupă de lucru însărcinată cu îmbunătățirea lucrării, pe baza sugestiilor primite din partea comitetelor naționale. Din grupa de lucru fac parte, între alții, dr. V. I. Popkov (U.R.S.S.) și dr. A. Veverka (R.S.C.).

CT **46** cu SCT **46 A**, **46 B** și **46 C**: *Cabluri, fire și ghiduri de unde pentru echipamente de telecomunicații*

În SCT 46 A, pentru cabluri de frecvențe radioelectrice și dispozitive accesorii, s-au adus în stadiul de a putea fi circulate după regula celor șase luni trei documente (specificații pentru cabluri de radiofrecvență cu izolație de politetrafluoretilenă și diametrul de 91,5 mm; prescripții pentru fire de oțel placate cu cupru pentru utilizarea în cabluri de radiofrecvență, și conectoare dipolare pentru cabluri simetrice de televiziune); s-au revăzut pentru circularea după regula celor două luni patru documente (prescripții generale și metode de măsură pentru fișe de radiofrecvență; foi de specificație, pentru cabluri duble neecranate, de radiofrecvență (de 300 Ω); foi de specificație pentru cabluri de radiofrecvență cu dielectric de politetrafluoretilenă, și metode de măsură a stabilității dimensionale pentru cabluri de radiofrecvență cu diametrul pînă la 7,25 mm), și s-a propus publicarea unor documente (recomandări pentru cabluri de radiofrecvență dublu ecranate; foi de specificație pentru cabluri de radiofrecvență cu dielectric din polietilenă celulară; dimensiunile îmbrăcămintei conectoarelor coaxiale de radiofrecvență). Au rămas în suspensie, ca insuficient pregătite sau greșit redijate, probleme privind conectoare pentru cabluri de radiofrecvență, regimuri de putere admisibile în astfel de cabluri, cabluri semirigide și cu dielectricul format din aer plus materiale plastice, cum și metode de măsură a uniformității impedanței și a eficacității ecranării.

În SCT 46 B, pentru ghiduri de undă și accesorii pentru echipamente de telecomunicații, s-au discutat dimensiunile și soluțiile constructive, pentru ghiduri de unde și flanșe de îmbinare a lor, la frecvențe în cauză pînă la 330 GHz.

Au fost discutate propuneri privind ghiduri de undă plate, sub secțiune circulară în interior și dreptunghiulară la exterior, canelate, sau flexibile, cum și metode de încercare a etanșeității ghidurilor asamblate, sau modul de mobilizare a diferitelor ghiduri de unde. Delegația romînă a culeș din discuții informații pentru activitatea de cercetare și experimentare în domeniul radioreleelor.

În SCT 46 C, pentru cabluri și fire pentru joasă frecvență, s-au discutat metode de încercare de tip și de recepție, încercări privind migrarea plastifiantului în cablurile cu izolația de PCV, încercarea de sudare a conductoarelor cositorite, relația dintre grosimea învelișului protector și diametrul cablului, tensiunea de încercare a izolației, oportunitatea de a combina, respectiv de a separa încercările de rezistență a izolației și rigiditate dielectrică etc. Condițiile de standardizare adoptate nu sînt prea severe, așa încît ele vor putea fi satisfăcute de viitoarea noastră fabricație de cabluri de aceste tipuri. S-a propus difuzarea a două documente după regula celor șase luni (părțile I, privitoare la materiale de încercări generale și mărimi ale Recomandărilor pentru cabluri de semnalizare izolate cu PCV, respectiv pentru cabluri de echipamente și instalații, izolate cu PCV), cum și difuzarea către comitetele naționale a două documente (foi de specificații pentru fire simple și fire de echipament ecranate; cod de culori pentru identificarea schimbătoarelor de joasă frecvență, telefonice și telegrafice).

Subcomitetele au discutat împreună cu Comitetul 42 în total 36 de documente, propunînd publicarea a cinci documente, circularea a șase documente, după regula celor șase luni, și a șapte documente, după regula celor două luni, cum și studiul în continuare a 11 documente.

CT **54 Exp.**: *Refrigeratoare pentru gospodării*

S-a hotărît să se cearcă circularea după regula celor șase luni a Proiectului de reguli internaționale pentru refrigeratoare de gospodării, pe baza documentului 54 Exp. (Secretariat) 2, și s-a cerut transformarea comitetului de experți în comitet de studii, exprimîn-

du-se dezideratul pus de ISO ca delegații la CT 54 Exp. să poată asista și la reuniunile subcomitetului 86/5 ISO.

CT 55: Fire de bobinaj

Acest comitet, înființat anul trecut, și-a delimitat după cum urmează domeniul de activitate: să prepare recomandări internaționale pentru conductoare de înfășurări electrice, indiferent de materialul și forma conductorului sau de materialul izolației, luînd în considerație necesitățile tuturor domeniilor electrotehnicii. S-a acceptat să se includă în programul de lucru: conductoare izolate cu lac email și cu fibre textile, sau cu ambele, conductoare toronate cu secțiunea rotundă sau dreptunghiulară din fire neizolate, sau izolate cu lac email, fibre textile, fișii sau țesături de sticlă. S-a aprobat propunerea delegației române ca și conductoarele de aluminiu să intre în preocupările CT 55. O grupă de lucru, din care a făcut parte și un delegat romîn, a elaborat un document adoptat apoi cu mici modificări, privind standardizarea dimensiunilor firelor de înfășurare. S-a acceptat ca pentru conductoarele de aluminiu să se elaboreze specificații separate de cele pentru conductoarele de cupru, iar pentru ambalajul conductoarelor subțiri s-au prevăzut specificații separate pentru conteinerele și bobinele destinate lor. S-a discutat clasificarea conductoarelor de înfășurări, luînd ca bază prevederile elvețiene, cum și metodele generale de măsură a parametrilor conductoarelor. S-a cerut difuzarea după regula celor șase luni a documentelor: diametrele nominale ale conductoarelor pentru fire de cupru rotunde emailate și diametrele maxime în funcție de diametrele nominale ale conductoarelor pentru fire de cupru rotunde emailate.

Grupa consultativă pentru problemele de securitate APSM

În această grupă s-a stabilit că încă nu poate fi elaborat un cod general de securitate și s-a convenit să se examineze un proiect de terminologie a conceptelor privind securitatea persoanelor și a instalațiilor, care să servească drept ghid provizoriu pentru comitetele de studii în considerarea problemelor de securitate la elaborarea recomandărilor din specialitatea lor. S-a recomandat că este de dorit ca la elaborarea recomandărilor care implică reguli de securitate să participe experți în materie de securitate și în special delegați ai autorităților responsabile de securitate.

Concluzii privitoare la activitatea viitoare a Comitetului electrotehnic romîn

Lucrările reuniunii generale CEI de la București desfășurate în comitete au familiarizat numeroși specialiști romîni cu metodele de lucru ale acestei vechi organizații internaționale, cu pregătirea științifică teoretică și experimentală necesară, dezvăluindu-le calitățile și lipsurile muncii noastre din trecut. Ele le-au trezit interesul pentru munca obștească în cadrul CER, pentru nevoia de colaborare cu alte instituții naționale și pentru o orientare cît mai justă a muncii viitoare în laboratoarele de care dispune țara noastră. Ele i-au informat despre nivelul actual al muncii în domenii, pe plan internațional, cum și despre tendințele de evoluție a fabricației pe plan mondial, permițîndu-le să tragă concluzii asupra orientării și a nivelului pe care va trebui să-l aibă fabricația noastră viitoare în domeniile îmbrățișate de activitatea CEI. De asemenea, lucrările și manifestările legate de ele au permis membrilor CER să arate delegaților străini nivelul atins de producția noastră în ramura economică de care se ocupă CEI.

Membrii CER care au luate parte la lucrări au avut ocazia de a-și afirma punctele de vedere și de a fi cunoscuți de cei mai de seamă specialiști străini în privința posibilităților lor tehnice și a nivelului științific atins, mărind astfel prestigiul țării noastre în cercurile de specialiști ale țărilor membre în CEI.

Izolația stațiilor de înaltă tensiune în lumina normelor naționale, a recomandărilor CEI și a unor experimentări efectuate pe izolatoare fabricate în R.P.R.

Aurel Avramescu, Gleb Drăgan, Iosif Adămuț și Badea Popa*— București

CZ 621.316.21.027.718 : 015.3.

Studiul documentat asupra protecției prin cablu a stațiilor de înaltă tensiune contribuie la definirea noțiunilor de „instalație mai puțin expusă" sau „mai bine protejată".

Din compararea valorilor tensiunilor nominale maxime și de încercare la impulsie pentru tensiuni maxime mai mici ca 72,5 kV rezultă numărul exagerat de tensiuni destul de apropiate între ele. Acest număr ar putea fi redus fără impedimente nerezolvabile în tehnologia fabricației echipamentului.

Rezultatele obținute în cercetările asupra izolației liniilor și barelor stațiilor efectuate de către Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. întăresc propunerile autorilor.

1. Considerații generale

Cunoștințele noastre actuale privind dimensionarea izolației stațiilor de înaltă tensiune se bazează pe cercetări extinse, efectuate în multe țări, în cursul ultimelor cinci decenii, cu scopul de a stabili pe de o parte solicitările maxime și medii la care este supusă izolația în exploatare, iar pe de altă parte de a cunoaște comportarea diferitelor materiale și construcții izolante în condițiile variate ale exploatării stațiilor și rețelelor de înaltă tensiune. Experiența cîștigată în această materie în țările mari industriale a dus cu timpul la formularea unor norme pentru dimensionarea și încercarea izolațiilor, care, reflectînd condițiile particulare din țările respective, au prezentat și prezintă încă diferențe apreciabile în condițiile impuse și în metodele de încercare.

O dată cu generalizarea progresului tehnic tot mai multe țări s-au văzut în măsură de a putea reglementa prin norme și standarde condițiile de dimensionare, construcție, încercare și exploatare a echipamentului electric și deci implicit a izolației stațiilor de înaltă tensiune. În această situație se află și țara noastră care în regimul socialist a cunoscut o dezvoltare impetuoasă a economiei, industriei și agriculturii sale. Ca urmare experiența cîștigată în exploatarea sistemelor energetice, în construcția și încercarea sistematică a echipamentului la noi în țară, a dus în mod necesar la elaborarea unor norme interne, apoi la introducerea de standarde obligatorii, privind echipamentul stațiilor de înaltă tensiune.

În această operă specialiștii noștri au găsit un sprijin prețios în recomandările CEI, care tind de mult, prin generalizarea și medierea experienței cîștigate, la unificarea prescripțiilor și normelor elaborate în diferite țări și prin aceasta, la ușurarea schimburilor de produse între diferite țări și continente.

Întrunirea reuniunii anuale CEI la București în zilele de 24 iunie — 7 iulie 1962 a constituit o bună ocazie pentru a înfățișa unele probleme și unele rezultate atinse în urma comparării normelor din alte țări cu recomandările CEI și cu experiența cîștigată din cercetări sau din exploatare în țara noastră în domeniul izolației stațiilor de înaltă tensiune.

Una din aceste probleme se referă la definirea situației „mai puțin expuse" a stațiilor, care se află în prezent în discuția Comitetului Tehnic 28 — Coordonarea izolației. Propunerile, ce se fac în vederea alegerii unui nivel de izolație corespunzător pentru această situație, se bazează pe considerații teoretice și pe unele experiențe efectuate pe cabluri de racordare la stații.

O a doua problemă privește compararea normelor din diferite țări în privința scării nivelelor de izolație și a „tensiunii de referință" a acestor nivele, în speță a tensiunilor nominale și maxime ale rețelei, respectiv a echipamentului; din această comparare rezultă o apreciere a valorilor recomandate de CEI și a celor cuprinse în recentul standard românesc „Coordonarea izolației" precum și o propunere de unificare a scării mult prea dense de tensiuni de referință și nivele de izolație, menținută încă în diferite norme naționale.

Încercările sistematice, efectuate asupra unor serii de izolatoare de susținere și suspensie a barelor din stații, dau ocazie la unele considerații, privind coeficientul de protecție a izolației și tendințele recente de a scade pe cît se poate nivelele de izolație standardizate.

Prezentarea și discutarea acestor probleme prezintă un interes nu numai pentru standardele referitoare din țara noastră, dar și pentru lucrările în curs ale unor comitete teh-

* Colectivul de tensiuni înalte al Institutului de energetică al Academiei R.P.R. Dr. ing. A. Avramescu, membru corespondent; conf. ing. Drăgan Gleb, șef laborator; ing. I. Adămuț și ing. Popa B., cercetători științifici.

nice ale CEI și ale comitetelor naționale, care colaborează la unificarea normelor naționale și punerea lor în concordanță cu normele CEI.

2. Caracterizarea instalațiilor din punctul de vedere al supratensiunilor atmosferice

Incidența supratensiunilor atmosferice se ia ca bază pentru caracterizarea situației instalațiilor (stații și posturi) legate de rețelele electrice. Astfel după CEI [1] aceste instalații se pot considera : în situație expusă, neexpusă și, după o propunere recentă, mai puțin expusă.

În cazul cînd conectarea liniilor aeriene la o stație sau un post de transformare se face direct, fără aplicarea unui mijloc de protecție, sau prin intermediul unui cablu de lungime redusă, izolația echipamentului electric din instalație poate fi supusă la supratensiuni deosebit de ridicate, îndeosebi, dacă linia aeriană este cu stîlpi de lemn. Aceste supratensiuni pot avea o pantă de ordinul 1000 kV/μs, iar o protecție satisfăcătoare presupune utilizarea unor descărcătoare pentru un curent de 5 kA, pînă la 20 kA [1].

În aceste cazuri, instalația de protejat se poate considera expusă la acțiunea supratensiunilor atmosferice [1], [2].

Instalațiile în „situații neexpuse" sînt cele al căror echipament electric nu este supus la acțiunea supratensiunilor atmosferice, de exemplu, cele legate la rețele în cabluri subterane.

Asigurarea unei protecții la intrarea liniei în stație sau legarea liniei prin intermediul unui cablu de lungime „suficient" de mare limitează curentul prin descărcător pînă la cel mult 5 kA, iar panta sub 500 kV/μs ; instalația de protejat se consideră în acest caz „mai puțin expusă" conform unei propuneri a CEI.

Rezultă că asigurarea unei protecții satisfăcătoare, precum și alegerea unui nivel de izolație al echipamentului de protejat depinde de gradul de expunere la supratensiuni, adică de „situația" instalației respective.

Dacă stabilirea instalațiilor neexpuse nu întîmpină dificultăți, determinarea diferenței între instalațiile expuse sau mai puțin expuse, necesită o analiză mai atentă. Uneori calcule simple pot să lămurească incidența undelor de supratensiune.

Utilizarea conductoarelor de protecție reduce în mod sensibil valoarea supratensiunii ce se propagă spre instalație, în deosebi în cazul căderii trăsnetului pe conductorul de protecție.

În fig. 2.1.a, se dă schema echivalentă de calcul, în cazul cînd căderea trăsnetului are loc pe conductorul de protecție într-un punct al liniei.

Neglijînd reflexiile succesive din fiecare punct nodal, valoarea supratensiunii în punctul de ordinul h, pe conductorul de protecție, respectiv pe conductorul activ, este dată de relațiile [3] :

$$\left.\begin{aligned} U_{nh} &= \alpha_n^w U_n \\ U_{mh} &= \alpha_n^w U_m \end{aligned}\right\} \qquad (2.1)$$

unde :

U_{nh} și U_{mh} sînt supratensiunile de pe conductorul de protecție, respectiv activ, după nodul de ordinul h ;

α_n — coeficientul de transmitere în dreptul fiecărui stîlp ;

w — numărul de puncte nodale ;

U_n și U_m — tensiunile inițiale pe conductorul de protecție și cel activ ; raportul dintre aceste valori este determinat de coeficientul de cuplaj dintre conductoarele respective.

În ipoteza căderii trăsnetului pe conductorul de protecție la capătul dinspre stație al liniei aeriene, conductorul de protecție, avînd priză separată, schema echivalentă este dată în fig.2.1,b.

În mod obișnuit, priza conductorului de protecție este comună cu cea a stației în care caz schema echivalentă de calcul este dată în fig. 2.1.c.

Relațiile de calcul date în lucrarea [3] permit să se determine supratensiunile de pe conductorul activ și de protecție. Se poate determina de asemenea intensitatea curentului ce trece prin descărcătorul cu rezistența variabilă.

În fig.2.2.a se dă variația curentului I_2 prin descărcătorul cu rezistența variabilă pentru diferite valori ale rezistenței R_n, în ipoteza că conductorul de protecție și descărcătorul au prize separate ; se dă de asemenea variația raportului $\left(\frac{I_2}{I_0}\right)_{max}$ funcție de R_n, unde I_0 este intensitatea curentului de trăsnet. În fig. 2.b

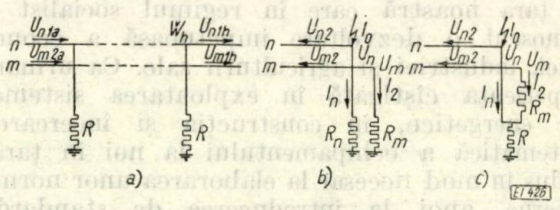


Fig. 2.1. Schema echivalentă de calcul în cazul căderii trăsnetului pe conductorul de protecție :
a — într-un punct al liniei ; *b* — la capătul dinspre stație, conductorul avînd priza separată ; *c* — la capătul dinspre stație, conductorul avînd priza comună cu priza stației.

se indică variația curentului I_2 prin descărcătorul cu rezistență variabilă și a raportului $\left(\frac{I_2}{I_0}\right)_{max}$ pentru diferite valori ale lui R, care

reprezintă rezistența prizei comune a conductorului de protecție și a descărcătorului.

Dacă linia este prevăzută cu conductor de protecție numai la intrarea în stație, majoritatea loviturilor cad pe unul din conductoa-

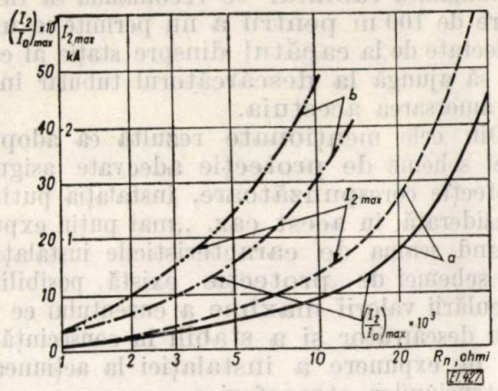


Fig. 2.2. Variația curentului prin descărcător funcție de rezistența de punere la pămînt:
a – priza separată; *b* – priza comună.

rele active ale liniei. Parametrii undei de supratensiune, ce se propagă spre stație, vor fi determinați, în principal de nivelul de izolație al liniei, de deformarea undei prin efectul corona de impulsie cît și de pierderile în rezistența conductorului și în pămînt. Prin calcule [4] se poate determina lungimea conductorului de protecție pentru ca instalația de protejat să fie „mai puțin expusă"; în mod obișnuit această lungime este cuprinsă între 1 – 2 km.

Reducerea supratensiunii de origine atmosferică, la care este supusă izolația utilajului electric, se poate realiza introducînd un cablu la intrarea liniilor în stație sau posturi de transformare.

Legătura directă între linia aeriană și cablu, fără montarea unui aparat de protecție este posibilă atît timp cît supratensiunile, ce pătrund în cablu nu duc la avarierea acestuia și în cazul cînd tensiunea de la capătul cablului nu este primejdioasă pentru izolația instalației de protejat. Din cauza reflexiilor multiple de la capetele cablului și suprapunerea undelor reflectate, valoarea maximă a supratensiunii la capătul cablului poate să crească, în cazul cînd lungimea acestuia este redusă. Valoarea acestei supratensiuni se poate calcula, pe baza relațiilor date în lucrarea [5] sau [6], în ultima, fiind mai exacte. Astfel, în eventualitatea legării unui cablu cu lungimea corespunzătoare unei durate de propagare de 0,5μs (de circa 80 m) se poate constata că după 5,5μs, valoarea supratensiunii la capătul cablului este egală cu cea a undei incidente, iar după 19μs este mai mare cu circa 63%. Pentru o lungime de cablu corespunzătoare unei durate de propagare de 10μs (de circa 1670 m), valoarea maximă a supratensiunii, de la capătul cablului, ce apare după circa 90 μs reprezintă 56% din valoarea undei incidente.

Măsurătorile efectuate de G. Ban [7] arată că în cazul legăturii directe între linia aeriană și cablu, este necesar ca lungimea acestuia să fie de cîțiva kilometri, pentru a asigura o protecție completă a utilajului.

Din aceste considerente, pentru lungimi uzuale ale cablului folosit la intrarea liniilor în stațiile electrice, în cazul cînd nu se montează aparate de protecție, instalația este „expusă" la acțiunea supratensiunilor atmosferice.

Conform recomandărilor CEI [1] este necesară montarea descărcătoarelor cu rezistență variabilă în apropierea transformatoarelor, punerea la pămînt fiind comună cu punerea la pămînt a cămășii cablului.

În ipoteza că descărcătorul nu este montat în dreptul transformatorului este necesar să se verifice, funcție de lungimea cablului, distanța maximă admisibilă de-a lungul căii de curent între transformator și descărcător; în anexa D, la Publicația 99-1 se dau indicații și curbe de calcul, care permit determinarea acestei distanțe.

Instalațiile electroenergetice pot să fie „mai puțin expuse" la acțiunea supratensiunilor atmosferice pentru lungimi de cablu relativ reduse. În acest scop este necesară adoptarea unei scheme de protecții mai complexe. În fig.2.3 se indică schemele de protecție mai uzuale.

În cazul schemei din fig.2.3. a, considerînd calculul cu constante concentrate, se poate determina valoarea maximă a curentului ce trece prin descărcătorul cu rezistența variabilă în ipoteza că descărcătorul tubular nu amorsează [9], [10]. Astfel, dacă unda se pro-

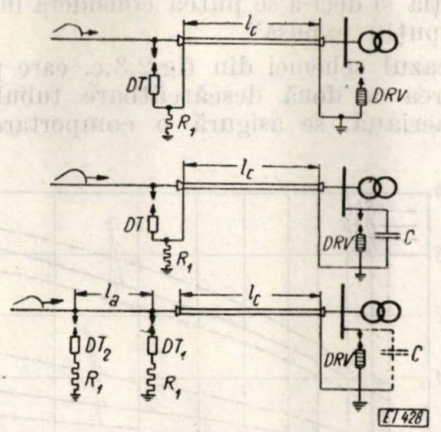


Fig. 2.3. Scheme de protecție împotriva supratensiunilor atmosferice:
a – cu un grup de descărcătoare tubulare; *b* – cu un grup de descărcătoare tubulare și cu condensatoare pe barele stației; *c* – cu două grupuri de descărcătoare tubulare.

pagă de-a lungul unui singur conductor, pentru o lungime de cablu de 150 m, tensiunea nominală fiind de 3,6, respectiv 10 kV, valoarea maximă a curentului ce trece prin descăr-

cător este 3,5 kA, 4,3 kA, respectiv 4,9 kA. În consecință, în cazul montării unui descărcător cu un curent nominal de 5000 A, instalația se poate considera „mai puțin expusă" la acțiunea supratensiunilor atmosferice. În ipoteza că undele se propagă de-a lungul celor trei conductoare, este necesar să se utilizeze un descărcător de 10 kA, cu condiția ca secțiunea cablului să fie mai mică de 150 mm², pentru tensiunea de 3 kV și de 240 mm² la 6 kV.

Schema din fig. 2.3. a este echivalentă schemei fără descărcător tubular, în care caz gama de curenți de trăsnet, care determină prin descărcătorul cu rezistența variabilă un curent mai mare decît cel nominal, este mult mai largă.

Considerînd o linie, avînd lungimea de 10 km și un indice keraunic egal cu 20, s-a calculat numărul de trăsnete, ce cad într-un an și care determină prin descărcător un curent mai mare decît 3 kA. Acest număr este funcție de secțiunea cablului, precum și de tensiunea nominală a instalației. În fig.2.4. sînt trasate aceste curbe pentru instalațiile de 3, 6 și 10 kV.

Montarea unui condensator la barele stației (fig.2.3.b) reduce panta undei, ceea ce asigură comportarea în bune condiții a utilajului de protejat și mărește distanța admisibilă de la transformator pînă la descărcător. Calculele efectuate arată că valoarea acestei capacități variază între 0,15 și 0,35 μF în instalațiile de 10 kV în ipoteza că unda de supratensiune se propagă de-a lungul unui singur conductor și între 0,3 și 0,8 μF, în ipoteza că undele se propagă de-a lungul celor trei conductoare. Odată cu creșterea tensiunii nominale scade valoarea capacității necesare pentru a asigura protecția și deci a se putea considera instalația „mai puțin expusă".

În cazul schemei din fig.2.3.c. care prevede montarea a două descărcătoare tubulare pe linia aeriană, se asigură o comportare satisfăcătoare a utilajului electric la acțiunea supratensiunilor atmosferice, cu condiția alegerii adecvate a caracteristicilor descărcătoarelor tubulare (descărcătorul cu rezistență variabilă se presupune de tipul 5 kA; în ipoteza unui descărcător de 3 kA se recomandă a se monta condensatoare pe bare de circa 0,25 μF pentru tensiunea nominală de 10 kV).

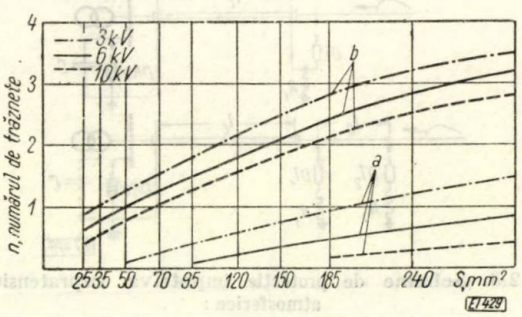


Fig. 2.4. Numărul probabil de trăsnete, care dau în descărcător un curent mai mare decît cel nominal :

a — unda se propagă de-a lungul unui singur conductor; *b* — unda se propagă de-a lungul a trei conductoare.

Lungimea cablului se recomandă să fie mai mare de 100 m pentru a nu permite ca undele reflectate de la capătul dinspre stație al cablului să ajungă la descărcătorul tubular înainte de amorsarea acestuia.

Din cele menționate rezultă că adoptarea unei scheme de protecție adecvate asigură o protecție corespunzătoare, instalația putînd fi considerată, în acest caz, „mai puțin expusă". Ținînd seama de caracteristicile instalației și ale schemei de protecție există posibilitatea calculării valorii maxime a curentului ce trece prin descărcător și a stabili în consecință gradul de expunere a instalației la acțiunea supratensiunilor atmosferice.

3. Compararea nivelelor de izolație și a condițiilor de încercare a izolației

Pentru verificarea izolației echipamentului electrotehnic în care este inclusă și izolația barelor, este necesar a se stabili următoarele :

— tipul încercărilor izolației;
— valoarea tensiunilor de încercare și
— modul de efectuare a încercărilor.

Pentru fixarea valorii nivelului de izolație, se cere să se cunoască și nivelul de protecție cu care trebuie să fie coordonat [2], [12], [13].

3.1. *Tipul încercărilor izolației*

În general, în normele și recomandările privind efectuarea încercărilor [14], [16], [17], [18], [19] și în materialele publicate în problema coordonării izolației ca recomandări [11], norme [2], [14], [15] și articole [13], [20], [21] sînt prevăzute : încercarea de ținere la impulsie de polaritate negativă și pozitivă, de ținere la frecvență industrială un minut sub ploaie, și în stare uscată.

Primele două încercări sînt prevăzute ca încercări de tip, iar a treia ca încercare individuală.

Pentru izolatoarele de bare interioare și exterioare, ultima încercare este însă prezentată diferit. Astfel, e dată ca încercare de tip, în unele norme de produs, ca cele britanice [22], franceze [23], americane [24], românești [25], ca încercare individuală în normele [14], [16], [17].

Problema fiind rezolvată prea divers este indicat a se discuta unificarea ei, avîndu-se în vedere experiența cîștigată de majoritatea țărilor în acest domeniu. Încercările individuale au scopul depistării defectelor de fabricație, iar cele de tip, determinarea caracteristicilor elec-

trice, ce depind de forma și dimensiunile izolatorului [37]. De aceea credem că este mai indicat a se generaliza ca încercare individuală, încercarea la conturnare în modul în care este prescris în normele [22], [23], [24], [25], iar încercarea la frecvență industrială de 1 minut să rămînă ca încercare de tip și ca încercare individuală, cu valori ceva mai reduse pentru barele instalațiilor în funcțiune la încercările profilactice ale izolației.

3.2. *Valoarea tensiunilor de ținere la impulsie*

Tensiunile de ținere la impulsie (U_{ti}) — nivelul de izolație — sînt considerate ca o funcție de tensiunea maximă de regim (U_{max}) [2], care la rîndul ei este o funcție de tensiunea nominală (U_{nom}), folosită încă în normele tuturor țărilor. Relațiile ce leagă aceste trei mărimi se pot exprima deci sub forma :

$$U_{ti} = k_1 U_{max} \qquad (3.1)$$

Tabela 3.1

Tensiuni nominale, maxime de regim și de ținere la impulsie a opt norme diverse, în comparație cu recomandările CEI

Nr. crt.	Un kV_{ef}	CEI I	R.P.R.	Elveția	U.R.S.S.	Franța	Anglia	VDE	CSN	CEI II + S.U.A.	Frecvența	Frecvența %
	Tensiuni nominale kV_{ef}											
1	2,5									+	1	11,47
2	3	+	+	+	+	+		+	+		7	10,3
3	3,3						+				1	1,47
4	5									+	1	1,47
5	6	+	+	+	+	+		+	+		7	10,3
6	6,6						+				1	1,47
7	8,7									+	1	1,47
8	10	+	+	+	+	+		+	+		7	10,3
9	11						+				1	1,47
10	15	+	+	+	+	+	+	+		+	8	11,8
11	20	+	+	+	+	+		+			6	8,8
12	22						+		+		2	2,9
13	23									+	1	1,47
14	25		+								1	1,47
15	30	+		+		+		+			4	5,9
16	33						+				1	1,47
17	34,5									+	1	1,47
18	35		+		+				+		3	4,3
19	44						+				1	1,47
20	45	+		+		+		+			4	5,9
21	46									+	1	1,47
22	55						+				1	1,47
23	60	+	+	+				+			4	5,9
24	63					+					1	1,47
25	66						+				1	1,47
26	69									+	1	1,47
	Tensiuni nominale kV_{ef}											
27	2,75									+	1	1,47
28	3,5				+	+		+			3	4,3
29	3,6	+	+	+			+		+		5	7,4
30	5,5									+	1	1,47
31	6,9				+						1	1,47
32	7					+		+			2	2,9
33	7,2	+	+	+			+		+		5	7,4
34	9,52									+	1	1,47
35	11,5				+	+		+			3	4,3
36	12	+	+	+					+		4	5,9
37	12,5						+				1	1,47
38	15,5									+	1	1,47
39	17,5	+	+	+	+	+	+	+			7	10,3
40	23				+	+		+			3	4,3
41	24	+	+	+			+				4	5,9
42	25								+		1	1,47
43	25,8									+	1	1,47
44	30		+								1	1,47
45	35							+			1	1,47
46	36	+		+			+				3	4,3
47	37					+			+		2	2,9
48	38								+	+	1	1,47
49	40,5				+						1	1,47
50	42		+								1	1,47
51	48,3									+	1	1,47
52	49						+				1	1,47
53	50					+					1	1,47
54	52	+		+				+			3	4,3
55	61						+				1	1,47
56	70							+			1	1,47
57	72					+					1	1,47
58	72,5	+	+	+			+			+	5	7,4
	Tensiuni de ținere la impulsie kV_{ef}											
59	40							+			1	1,47
60	44				+						1	1,47
61	45	+	+	+		+			+	+	6	8,8
62	50						+			+	2	2,9
63	60	+	+	+	+	+		+	+		7	10,3
64	75	+	+	+			+		+	+	6	8,8
65	80				+	+		+			3	4,3
66	95	+	+	+			+			+	5	7,4
67	100					+		+			2	2,9
68	105				+						1	1,47
69	110						+				1	1,47
70	125	+	+	+	+	+		+	+		7	10,3
71	150		+				+			+	3	4,3
72	170	+		+				+			3	4,3
73	180					+			+		2	2,9
74	195		+		+						2	2,9
75	200						+			+	2	2,9
76	235					+		+			2	2,9
77	250	+	+				+			+	4	5,9
78	300						+				1	1,47
79	325	+	+	+		+		+			5	4,7
80	350						+			+	2	2,9
		8	8	8	6	8	9	8	5	8	68	

și

$$U_{max} = k_2 U_{nom} \qquad (3.2)$$

unde k_1 și k_2 sînt coeficienți de proporționalitate, care variază de la o normă la alta precum și în cadrul aceleiași norme (fig. 3.1 și tabela 3.2).

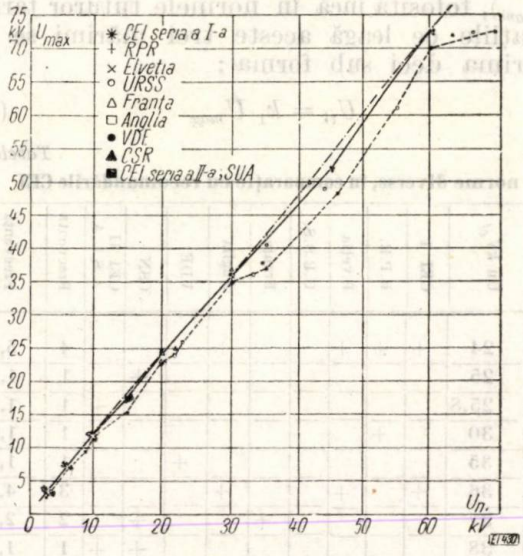


Fig. 3.1. Dependența tensiunilor maxime de cele nominale după diferite norme.

Cu toate străduințele CEI există încă o varietate mare de tensiuni de ținere la impulsie, de tensiuni maxime și de tensiuni nominale, precum și de coeficienți de proporționalitate. De aceea am crezut că este util să analizăm relațiile ce există între ele cu scopul de a ușura încercările de unificare, cel puțin în cazurile în care diferențele nu sînt sensibile.

În acest sens s-a luat ca bază normele a opt țări : U.R.S.S. [16], S.U.A. [11], [21], [26], Elveția [14], Franța [13], Germania [17], Anglia [20], [22], [27], R. S. Cehoslovacă [15] și R.P.R. [2] și s-au comparat cu propunerile CEI [11].

Tabela 3.1 cuprinde tensiunile nominale, maxime și de ținere la impulsie, ordonate în ordinea crescătoare, indicîndu-se la fiecare în parte țara sau norma căreia îi aparține. Pentru fiecare valoare are indicat și frecvența absolută și relativă.

În figura 3.1 am reprezentat tensiunile, maxime, în funcție de tensiunile nominale (grupa de tensiuni CEI — seria I — s-a figurat printr-o curbă continuă și tensiunile celorlalte norme prin puncte). Am trasat și înfășurătoarea valorilor minime ; valorile maxime coincid, cu trei excepții, cu propunerile CEI.

În figura 3.2 am reprezentat curbele $U_{ti} = f(U_{max})$ și anume printr-o curbă continuă recomandările CEI seria I și prin puncte tensiunile prescrise de celelalte norme.

Tabela 3.2

Frecvențele raportului U_{max}/U_{nom} după normele diverselor țări

Interval de variație	Tensiuni maxime pînă la 72 kV											F_n
	CEI Seria I	R.P.R.	Elveția	U.R.S.S.	Franța	Anglia	VDE	CSR	CEI + S.U.A.	Total I	f_k f_k %	
1,03—1,04									1	1	3 0,04	0,04
1,04—1,05									2	2		
1,05—1,06								1		1		
1,06—1,07											1 0,02	0,06
1,07—1,08												
1,08—1,09						4				4		
1,09—1,10						1			3	4	11 0,16	0,22
1,10—1,11					1	1			1	3		
1,11—1,12						1		1		1		
1,12—1,13									1	1	4 0,06	0,28
1,13—1,14						1				2		
1,14—1,15				4	3		2			9		
1,15—1,16	1		1		1		2			5	26 0,38	0,66
1,16—1,17	1	1	1	2	2	1	4			12		
1,17—1,18												
1,18—1,19											19 0,28	0,9
1,19—1,20	5	6	5					3		19		
1,20—1,21	1	1	1							3		
1,21—1,22											4 0,06	1
1,22—1,23					1					1		
	8	8	8	6	8	9	8	5	8	68	1	

În tabela 3.2 am indicat frecvențele raportului $k_2 = \frac{U_{max}}{U_{nom}}$ și le-am reprezentat grafic în fig. 3.3.

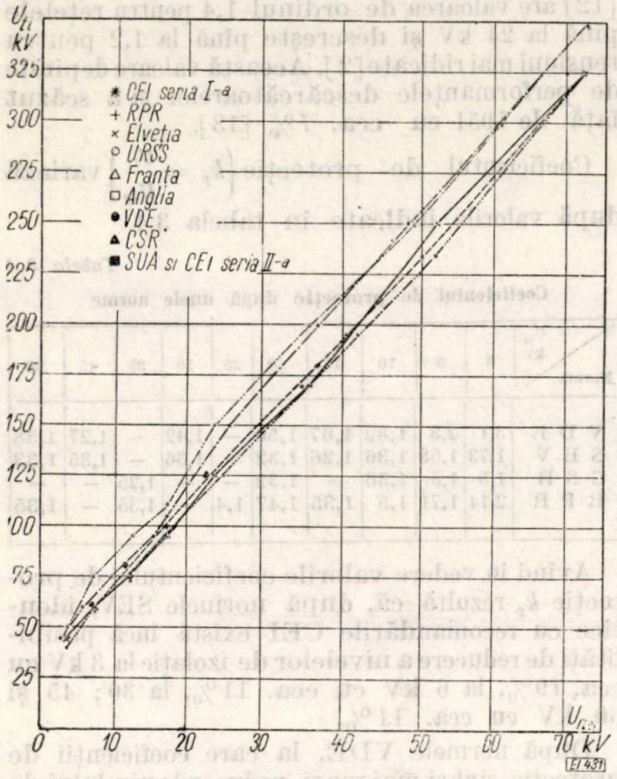


Fig. 3.2. Dependența tensiunilor de ținere la impuls de tensiunea nominală, după diferite norme.

Din tabelele 3.1, 3.2 și figurile 3.1, 3.2 și 3.3 rezultă următoarele constatări:

a) Pentru intervalul de tensiuni maxime 1—100 (kV $U_{max} < 100$ kV) există 22 tensiuni de ținere la impulsie, 32 tensiuni maxime și 26 tensiuni nominale (tabela 3.1). Numărul lor ar fi mai mare dacă s-ar fi introdus și tensiunile 2,75/4,76; 8,25; 13,2; 7,92/13,7; 8,32/14,5 și 31 kV din practica americană, [20]. Rezultă că acordul diverselor norme este realizat în special la nivelul de izolație la impulsie.

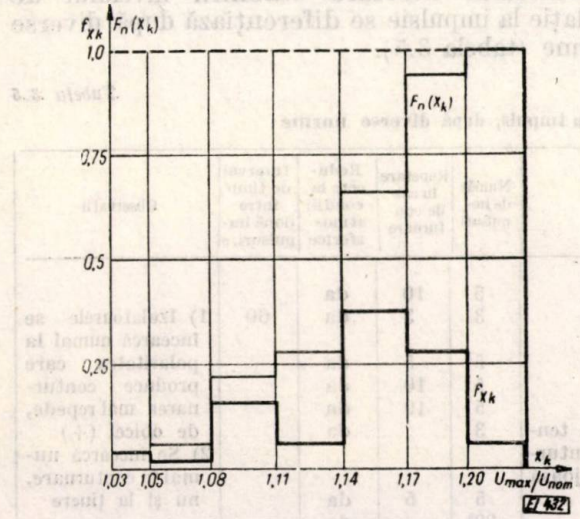


Fig. 3.3. Histograma și funcția de repartiție empirică a raportului U_{max}/U_{nom}.

b) Frecvența de utilizare a diverselor tensiuni în ordine descrescîndă (conform tabelei 3.1) este următoarea:

— la tensiuni nominale: 15, [10; 6; 3]; 20, [60; 45; 30];
— la tensiuni maxime: 17,5; [72,5; 7,2; 3,6]; [24; 12];
— la tensiuni de ținere: [125; 60]; [75; 45]; [325; 95]; 250

c) Tensiunile de ținere la impulsie cele mai severe sînt în normele britanice și apoi în cele ale S.U.A., iar cele mai scăzute în recomandările CEI, normele elvețiene și românești (fig. 3.2).

d) Raportul ($k_2 = U_{max}/U_{nom}$) are valoarea cea mai neuniformă în normele S.U.A., engleze și franceze iar cea mai uniformă în normele românești (fig. 3.1).

Tabela 3.3

Abaterile tensiunilor de ținere la impulsie de la valorile medii ale claselor propuse

Nr. crt.	Clasa de tensiuni kV		Trepte de tensiuni existente kV	Abatere %		Tensiuni în afara limitei de ± 5%	
	a	b		a	b	a	b
1	45	45	40	−11,1		40	40
			44	− 2,2			
			45	0			
			50	+11,1		50	50
2	60	60	60	0			
3	77,5	75	75	−3,2	0		
			80	+3,2	6,7	—	80
4	102,5	100	95	−7,1	5	95	
			100	−2,45	0		
			105	+2,45	5		
			110	+7,1	10	110	110
5	137,5	125	125	−9,1	0	125	
			150	+9,1	12	150	150
6	185	180	170	−8,1	5,6	170	170
			180	−2,7	0		
			195	+5,4	8,3	195	195
			200	+8,1	11,1	200	200
7	242,5	235	235	−3,1	0		
			250	+3,1	6,4		250
8	325	325	300	− 7,7		300	300
			325	0			
			350	+ 7,7		350	350

e) Valorile raportului k_2 variază de la 1,03 (S.U.A.) la 1,23 (Franța). Valorile cuprinse între 1,14—1,17 au frecvența relativă cea mai mare (0,38); pînă la această valoare există 66% din cazuri (tabela 3.2 și fig.3.3).

f) Tensiunile de ținere la impulsie s-ar putea grupa în cca. 8 clase de tensiuni (tabela 3.3).

La baza acestei propuneri, sînt următoarele considerente:

— Tensiunea de impulsie este o mărime statistică cu o împrăștiere foarte mare și anume: după încercări efectuate în țara noastră [28] de 5,4—17,1%, pentru polaritate pozitivă și de 4,6—32%, pentru polaritate negativă; iar după cercetări efectuate în Italia [29] pentru un număr mai redus de izolatoare din fiecare tip, de 17,8% pentru polaritate pozitivă și de 9,2% pentru polaritate negativă.

— Eroarea de măsură a tensiunii cu eclatorul de sfere este de $\pm 3\%$ după recomandările CEI[31]; iar eroarea determinării tensiunii de conturnare 50% la impulsie este de $\pm 5\%$ la aplicarea a 10 impulsuri.

În consecință, erorile ce apar la fixarea unei tensiuni de impulsie pot avea valoarea maximă de $\pm 9\%$, datorită caracterului eleatoriu al mărimii și de $\pm 3\%$, datorită metodei de măsură. Aceste considerații pot permite să se reducă numărul de tensiuni de impulsie în modul propus în tabela 3.3. sau într-un alt mod similar. În acest caz, abaterile maxime se situează în limita confirmată de practică.

3.3. *Nivele de protecție*

Nivelele de protecție la impulsie (U_{ip}) se stabilesc pe baza caracteristicilor electrice ale descărcătoarelor — tensiunea reziduală la curentul de descărcare nominal (unda de curent 8/20) și tensiunea de amorsare la impulsie la unda 1/50 — conform unei propuneri CEI[2] egale cu cea mai mare din aceste valori. De fapt trebuie să se ia în considerare o valoare ceva mai mare, care să acopere împrăștierea statistică a valorii tensiunii de amorsare.

Valoarea tensiunii de ținere la impulsie (U_{ti}) este deci condiționată de valoarea nivelului de protecție, avînd față de acesta o rezervă suplimentară; raportul acestor două tensiuni ($k_r = U_{ti} : U_{ip}$) denumit coeficient de protecție [12] are valoarea de ordinul 1,4 pentru rețelele pînă la 24 kV și descrește pînă la 1,2 pentru tensiuni mai ridicate[2]. Această valoare depinde de performanțele descărcătoarelor și a scăzut față de 1951 cu cca. 7% [13].

Coeficientul de protecție $\left(k_p = \frac{U_{ti}}{U_{ip}}\right)$ variază după valorile indicate în tabela 3.4.

Tabela 3.4

Coeficientul de protecție după unele norme

Norma \ U_n kV	3	6	10	15	20	25	30	35	45	60
V D E	3,1	2,3	1,82	1,67	1,56	—	1,42	—	1,27	1,38
S E V	1,73	1,58	1,36	1,26	1,32	—	1,36	—	1,35	1,33
C S R	1,5	1,5	1,36	—	1,32	—	—	1,25	—	—
R P R	2,14	1,71	1,5	1,35	1,47	1,4	—	1,35	—	1,35

Avînd în vedere valorile coeficientului de protecție k_p rezultă că, după normele SEV, identice cu recomandările CEI există încă posibilități de reducere a nivelelor de izolație la 3 kV cu cca. 19%, la 6 kV cu cca. 11%, la 30; 45 și 60 kV cu cca. 11%.

După normele VDE, la care coeficienții de protecție sînt și mai mari, reducerile nivelului de izolație normal pot fi și mai substanțiale.

După cercetări efectuate în țara noastră [28], [32], [33] și în Italia [29] se constată că tensiunile de ținere la impulsie reale au o rezervă de izolație importantă față de norme, fapt care permite, pentru aceleași izolatoare, să se coboare și mai mult nivelul de izolație normat.

3.4. *Modul de efectuare a încercărilor*

Încercările necesare stabilirii nivelului de izolație la impulsie se diferențiază după diverse norme (tabela 3.5).

Tabela 3.5

Condițiile de încercare la tensiunea de ținere la impuls, după diverse norme

Nr. crt.	Norme	Unda de impulsie: Plină	Unda de impulsie: Retezată	Polaritate	Număr de impulsuri	Repetare în caz de conturnare	Reducere la condiții atmosferice	Interval de timp între două impulsuri, s	Observații
1	C E I	1,2/50	nu	(+),(−)	5	10	da		
2	GOST	1,5/40	da, cu tăiere după 2—3 s	(+),(−)	3	3	da	60	1) Izolatoarele se încearcă numai la polaritatea care produce conturnarea mai repede, de obicei (+) 2) Se încearcă numai la conturnare, nu și la ținere
3	VDE	1/50	da	(+),(−)	5	5	da		
4	SEV	1/50	nu	(+),(−)	5	10	da		
5	STAS	1,2/50	nu	(+),(−)	5	10	da		
6	ASA C 29-2-1955	1,5/40		Polaritatea cu tensiunea de conturnare cea mai joasă	3		da		
7	B.S. 3297	1/50	nu	(+),(−)	5	5	da		
8	N.F. C-66-130 1959	1/50	nu	(+),(−)	20[2]		da		

Diferențierile apar la forma undei, numărul de impulsuri și la intervalul de timp între două impulsuri.

Standardul romînesc prevede ca și recomandările CEI, unde de forma 1,2/50, pentru determinarea mai precisă a originii undei. Intervalul de 10 s între două impulsuri se pare că este suficient în vederea deionizării spațiului disruptiv.

În privința impulsurilor aplicate obiectului încercat, a rezultat din cercetări că la tensiunea de conturnare 50%, aplicarea a 20 de impulsuri mărește precizia [28], [29], [30] în comparație cu aplicarea a 10 impulsuri.

Același rezultat s-a obținut și la măsurarea tensiunii cu eclatorul cu sfere la număr diferit de impulsuri 20, în loc de 10.

4. Încercarea izolației fabricată în R.P.R.

Ca urmare a dezvoltării industriei electrotehnice romîne izolatoarele de fabricație indigenă sînt utilizate în prezent pe o scară mai largă în instalațiile electroenergetice, făcînd față cu succes condițiilor de exploatare.

Pentru cunoașterea amănunțită a comportării izolatoarelor la diferitele tipuri de solicitări [34], menționate mai sus, autorii au efectuat o serie de încercări experimentale atît pentru izolatoarele de linie [33], [35] cît și pentru cele de bare [28].

În cele ce urmează se prezintă unele date referitoare la comportarea izolatoarelor de bare din stațiile aflate în condițiile de funcționare arătate la paragraful 2.

Încercările se referă la izolatoare în stare curată și deci în absența unui strat de depuneri.

Pentru izolatoarele montate în stație de tip interior s-au determinat următoarele mărimi:

La unda de impuls:

- tensiuni de conturnare U_{ci}
  - la polaritate +, U_{ci} (+)
  - la polaritate −, U_{ci} (−)
- tensiuni de ținere U_{ti}
  - la polaritate +, U_{ti} (+)
  - la polaritate −, U_{ti} (−)

La frecvența industrială:

- tensiunea de conturnare U_{cf}
- tensiunea de ținere U_{tf}

În cazul izolatoarelor de tip exterior, în speță al lanțurilor cu izolatoare I. C. 4, s-au determinat de asemenea și tensiunile de conturnare sub ploaie artificială [33]; în cele ce urmează acestea vor fi luate în considerare la analizarea nivelului de izolație al instalațiilor exterioare.

Valorile medii, raportate la condițiile normale standard [2], [35], obținute pe baza unui număr de mai multe sute de încercări sînt date în tabela 4.1.

Pentru un izolator de exterior [35] și unul de interior [28] s-au determinat caracteristicile tensiune-timp corespunzătoare celor două polarități.

În efectuarea încercărilor experimentale s-au folosit în principal metodele recomandate de CEI [18]. Se pot face următoarele precizări privind modul de experimentare propriu-zis cît și caracteristicile funcționale ale instalațiilor utilizate.

La încercările de impuls, stabilirea regimului în care 50% din impulsurile de la generator care să producă conturnarea izolatorului este cu atît mai dificilă și imprecisă, cu cît numărul impulsurilor este mai scăzut; aceasta se datorește repartiției aleatorii a impulsurilor, care produc sau nu conturnarea, așa cum a rezultat din toate experiențele efectuate [35], [28], la care s-au utilizat pentru încercări 20 sau mai multe impulsuri.

Ca urmare autorii au ajuns la concluzia că la încercările de tip ale izolatoarelor pentru tensiunea de 50% conturnări să se considere aceea care produce 9—11 conturnări la 20 impulsuri aplicate.

Mărirea numărului de impulsuri conduce bineînțeles la prelungirea duratei încercărilor îndeosebi în cazul utilizării generatoarelor cu mare energie (capacitate de șoc mare).

În cazul particular al izolatoarelor — care au capacitate redusă — energia generatorului la impuls poate fi orcît de mică, fără ca aceasta să aibă influență asupra rezultatelor obținute (autorii au efectuat încercarea acelorași izolatoare cu instalații de energii diferite, iar valorile obținute au fost practic aceleași).

Apare rațional deci, ca pentru încercarea izolatoarelor să utilizeze instalații de energie mică, care sînt mai ușor manevrabile.

La încercările sub ploaie artificială a izolației exterioare, s-a constatat că tensiunile de conturnare sînt practic aceleași, chiar dacă intensitatea ploii se abate cu pînă la 15% față de cea normată, cu condiția ca izolatorul să fi fost bine udat.

Conturnarea izolatoarelor fiind un proces aleatoriu, la prelucrarea datelor experimentale s-a aplicat calculul statistic; valorile indicate în tabela 4.1 reprezintă media statistică a unui șir de valori obținute în timpul încercărilor experimentale.

Prelucrînd datele experimentale s-a constatat că poligonul de frecvență atît al mărimilor determinate cît și al rapoartelor acestora se apropie de o formă de repartiție normală, ceea ce demonstrează lipsa unor influențe sistematice asupra măsurărilor.

În fig. 4.1 se dau ca exemplificare curbele de frecvență și de repartiție empirică a rapoartelor dintre tensiunile de 50% conturnări și cele de ținere de ambele polarități pentru izolatoarele suport.

Din examinarea figurii rezultă că valoarea cea mai probabilă a raportului dintre tensiunea

Tabela 4. 1

Privind nivelul de izolare al barelor stațiilor echipate cu utilaj indigen

Tipul instalației			Interior					Exterior					
Tensiunea nominală kV / Tensiunea maximă kV			1	6/7,2	10/12	20/24	35/42	35/42		60/72,5		110/123	
				OA-6	OA-10	OA-20	OA-35	31C4	41C4	4K4	51C4	71C4	81C4
Tensiuni de conturnare la	impulsie	U_{ci} (−) kV max	54	104	127	162	256	350	438	438	517	675	760
		U_{ci} (+) kV max	43	79	96	128	199	329	424	424	514	658	718
	50 Hz	U_{ci} kV_{ef}	28	51	63	86	123	120	140	140	170	240	260
Tensiuni de ținere reale la	impulsie	U_{ti} (−) kV max	48	98	122	157	247	338	434	434	500	652	745
		U_{ti} (+) kV max	38	73	90	124	191	317	408	408	495	635	694
	50 Hz	U_{tf} kV_{ef}	26	49	61	83	115	116	135	135	164	232	255
Tensiuni de ținere normate la	impulsie	U_{tin} kV max	20	60	75	125	195	195		325		450	
	50 Hz	U_{tfn} kV_{ef}	10	27	35	55	85	85		140		185	
Nivele de protecție		U_{fp} kV max	(5)	35	50	85	145	145		240		370	
Coeficienți de protecție		$\frac{U_{tin}}{U_{ip}}$	(4)	1,70	1,50	1,47	1,35	1,35		1,35		1,21	
		$\frac{U_{til}\ (+)}{U_{ip}}$	(7)	2,25	1,92	1,5	1,31	2,19	2,82	1,70	2,06	1,71	1,87
Coeficienți de rezervă a izolației la impulsie		$\frac{U_{til}\ (+)}{U_{tin}}$	1,9	1,22	1,2	0,99	0,98	1,63	2,5	1,26	1,54	1,41	1,71
Coeficienți de rezervă a izolației la 50 Hz		$\frac{U_{tf}}{U_{tfn}}$	2,6	1,82	1,74	1,51	1,36	1,36	1,58	0,96	1,17	1,25	1,36

de conturnare și ținere este 1,05, pentru impulsuri de polaritate negativă și 1,07 pentru cea pozitivă.

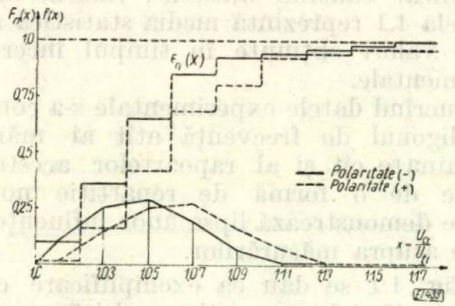


Fig. 4.1. Curbele de frecvență și de repartiție empirică a raportului între tensiunile de conturnare 50% și tensiunile de ținere.

Din compararea datelor din tabela 4.1 rezultă că, pentru izolația încercată, tensiunile de ținere la impulsuri de polaritate pozitivă sînt inferioare celor de polaritate negativă, diferența procentuală fiind mai mare la izolatoarele suport decît la izolatoarele lanț. La lanțuri de izolatoare mai lungi valorile tensiunilor de conturnare corespunzătoare celor două polarități sînt apropiate [33].

Totodată trebuie menționat că dispersia tensiunilor de conturnare la polaritate pozitivă este mai mare decît la polaritate negativă [28]. Aceste rezultate concordă cu considerațiile teoretice, privind fenomenologia de producere a conturnării la cele două polarități [36].

Coeficientul de impuls definit ca raportul dintre tensiunea de conturnare la impuls și cea de frecvență industrială — tabela 4.1. — (la încercarea pe cale uscată pentru izolația de interior și sub ploaie, la cea de exterior) are pentru izolatoarele suport valori cuprinse între 1,8÷2 la polaritate negativă și 1,45÷1,57 la polaritate pozitivă ; la izolatoarele IC4 coeficientul

de impuls are valorile medii 2,9 respectiv 2,8. Aceasta arată că izolatoarele de suspensie IC4 au în comparație cu cele suport, o comportare mai bună la supratensiuni atmosferice, coeficientul de impuls fiind mai mare decît cel normat $k_{in} = \frac{U_{tfn}}{U_{tin}} = 2{,}1 - 2{,}4$ (tabela 4.1).

Coordonarea izolației potrivit standardului în vigoare [2] rezultă din fig. 4.2., unde s-au reprezentat mărimile caracteristice funcție de tensiunea nominală și maximă.

Luînd ca bază tensiunea reziduală a descărcătorului de 5 kA (curba *7*), nivelul de protecție prevăzut în STAS 6489 conduce la un coeficient de siguranță mediu de 1,1 ; la tensiunea maximă de 7,2 kV, coeficientul de siguranță este 1,3 justificat de împrăștierea mare a tensiunii de amorsare a descărcătorului la tensiunile nominale mici.

Coeficientul de protecție normat definit ca raport dintre nivelul de ținere și de protecție are valori care descresc de la 1,7 la tensiunea maximă de 7,2 kV și 1,2 la 123 kV ; coeficientul de protecție real al izolației încercate, (curba *1*, fig. 4.3) are în general valori mai mari decît cele normate, cu excepția celei de 20 și 35 kV de tip interior.

Gradul de rezervă al izolației existente se analizează prin coeficienții de rezervă la impulsie (curba *2*, fig. 4.3.) și la frecvența industrială (curba *3*, fig. 4.3.). Coeficienții de rezervă ai izolației la impulsie au valorile cele mai mari la instalațiile cu tensiune nominală 6—10 kV (interior) și 35 (exterior), avînd valori cuprinse între 1,20 și 2,2 ceea ce indică o rezervă suficientă de izolație. Ca urmare a faptului că rezerva de izolație este prea mare la izolatoarele prevăzute pentru tensiunile maxime de 7,2 și 12 kV, îndeosebi pentru cele montate în instalațiile neexpuse, se pot reduce dimensiunile actuale, fapt care va conduce la micșorarea gabaritelor instalației și deci ieftinirea acesteia.

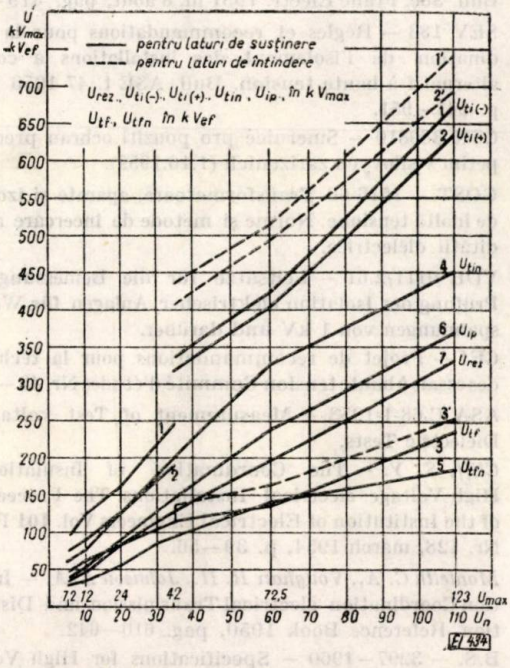


Fig. 4.2. Variația mărimilor caracteristice a izolației, fabricate în R.P.R., cu tensiunea nominală.

Coeficienții de siguranță la frecvența industrială au valori superioare lui 1,2, cu excepția celui corespunzător izolației de 72,5 kV ; în acest caz, montarea unui izolator în plus la lanțul de susținere ar conduce la mărirea coeficientului de siguranță la 1,2 dar scumpește instalația. Este însă mai rațional ca nivelul de izolație să fie scăzut prin reducerea în mod corespunzător a nivelului de protecție.

Din cele prezentate rezultă că izolația fabricată în R.P.R. satisface standardul în vigoare [2], realizînd o siguranță suficientă în exploatare a instalațiilor. Caracteristicile izolatoarelor IC4 sînt comparabile cu ale celor de același tip, construite în alte țări [33].

În domeniul construcției de izolatoare sînt necesare în cotinuare studii privind comportarea acestora în zone cu depuneri și stabilirea în acest caz a nivelului de izolație corespunzător.

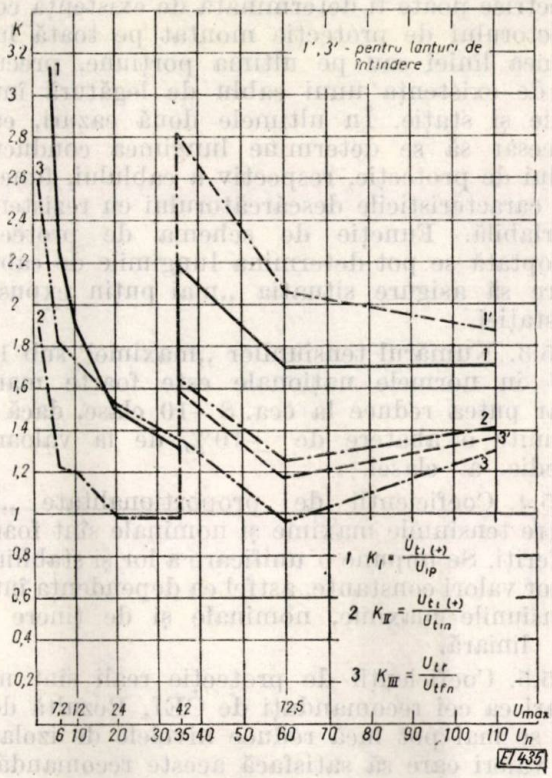


Fig. 4.3. Variația coeficienților de protecție și siguranță cu tensiunea nominală.

6. Concluzii

5.1. Definirea situației „mai puțin expuse" a stațiilor, scara nivelelor de izolație și a „tensiunilor de referință" a acestor nivele, se poate aborda pe baze științifice și prezintă un interes nu numai pentru țara noastră, dar și pentru lucrările unor comitete tehnice ale CEI.

5.2. Situația „mai puțin expusă" a stațiilor electrice poate fi determinată de existența conductorului de protecție montat pe toată lungimea liniei sau pe ultima porțiune, precum și de existența unui cablu de legătură între linie și stație. În ultimele două cazuri, este necesar să se determine lungimea conductorului de protecție, respectiv a cablului, funcție de caracteristicile descărcătorului cu rezistență variabilă. Funcție de schema de protecție adoptată se pot determina lungimile de cablu, care să asigure situația „mai puțin expusă" a stației.

5.3. Numărul tensiunilor „maxime" sub 100 kV în normele naționale este foarte mare; s-ar putea reduce la cca. 8—10 clase, dacă se admite o abatere de ±10% de la valoarea medie a clasei.

5.4. Coeficienții de proporționalitate „k" între tensiunile maxime și nominale sînt foarte diferiți. Se impune o unificare a lor și stabilirea unor valori constante, astfel ca dependența între tensiunile maxime, nominale și de ținere să fie liniară.

5.5. Coeficienții de protecție reali sînt mai mari ca cei recomandați de CEI. Rezultă deci că se mai pot încă reduce nivelele de izolație la valori care să satisfacă aceste recomandări.

5.6. Standardul romînesc în vigoare respectă principiul reducerii numărului de tensiuni nominale, iar valorile prescrise sînt foarte apropiate de cele recomandate de CEI.

5.7. Izolatoarele de fabricație indigenă au caracteristici comparabile cu cele fabricate în străinătate și asigură o rezervă de izolație bună; caracteristicile izolatoarelor corespund cerințelor exploatării.

Bibliografie

[1] CEI Comité d'etudes Nr. 37 Parafoudres — Troisième projet d'Annexe C à la Publication 99—1 de la CEI: „Guide pour l'application des parafoudres du type à resistances non-linéare" 37 (secretariat) 12 Novembre 1961.

[2] STAS 6489-61 — Coordonarea izolației. Nivele de izolație și de protecție.

[3] *Szpor, S.* — Contributions aux problèmes du conducteur de terre dans la zone d'entrée d'une ligne aerienne CIGRÉ (1954) R. 314.

[4] *Kostenko, M. V.* — Atmosfernie perenapriajenia i grozozaşcita viscovoltnih ustanovoc Gosenergoizdat, Moscova, 1949.

[5] *Gazzam Priaroggia G., Occhini, E.* — Un aspetto particolare del problema delle onde migranti su linie in cavo L'Elettrotecnica vol. *XLIII* (1956) nr. 11, pag. 606—617.

[6] *Drăgan, G.* — Perenapriajenie v kabeliah primeniaemih kak zascitnoe sredstvo privvode vozdusnih linii v electriceschie ustanovchi. Izvestia Ac. Nauk SSSR Energetica i Avtomatica Nr. 3, 1961 pag. 134—141.

[7] *Ban, G.* — Protecția împotriva supratensiunilor de origine atmosferică a stațiilor de transformare racordate prin cablu (traducere din limba maghiară). Energetica, Electrificare, Electrotehnică — Caiet selectiv, 1961, nr. 4 — IDT.

[8] CEI — First Draft of Appendix D Technical Committee Nr. 37: Ligeming Arresters Nr. 37 Exp (Secretariat) 14 March 1961.

[9] *Drăgan, G.* — Folosirea cablurilor pentru protecția instalațiilor electrice de înaltă tensiune (3—10 kV) împotriva supratensiunilor atmosferice. Lucrare de dizertație pentru obținerea titlului de candidat în științe tehnice. Instit. Politehnic, București 1958.

[10] *Sirotinschi, L. I., Razevig, D. V.* — Grozozascita electriceskih vrasciaiuscih maşin. Moscova, Energ. Inst., (1953) Moscova.

[11] CEI — Recommandations pour la coordination de l'isolement CEI — Publication 71 Troisième édition Genève 1960.

[12] CEI — Projet, Guide d'application pour les materiels en situation exposée (Annexe à la Publication 71 CEI Sept. 1960.

[13] *Langlois Berthelot, M.R.* — Exposé de la mise au point nationale actuelle et internationale prochaine des problemes d'isolation et de coordination des isolements dans les réseaux à haute tension et très haute tension. Bull. Soc. Franc Electr. 1951 m. 8 aout, pag. 419—441.

[14] SEV 183 — Règles et recommandations pour la coordination de l'isolement des installations à courant alternatif à haute tension. Bull. ASE t. 47 1956 m. 20 p. 941—951.

[15] CSN 380810 — Smernicé pro pouziti ochran pred prepetim v silovych zarizenich (1.10.1959).

[16] GOST — 1516-60 Transformatoare, aparate și izolatori de înaltă tensiune. Norme și metode de încercare a rigidității dielectrice.

[17] VDE 0111/2.61 — Leitsätze für die Bemessung und Prüfung der Isolation elektrischer Anlagen für Wechsel spannungen von 1 kV und darüber.

[18] CEI — Projet de recommandations pour la technique des essais à haute tension Commité d'études Nr. 42—1960.

[19] ASA C.68-1-1953 — Measurement of Test voltage in Dielectric Tests.

[20] *Cliff, S. Y.* — The Coordination of Insulation of High-Voltage electrical Installations. The Proceedings of the Institution of Electrical Engineers Vol. **101** Part. I Nr. 128, march 1954, p. 39—56.

[21] *Monteith C. A., Voughan R. H., Johnson A. A.* — Insulation Coordination electrical Transmission and Distribution Reference Book 1950, pag. 610—642.

[22] B.S. — 3297—1960 — Specifications for High Voltage Post Insulators.

[23] NFC 66—130 Février 1959 — Isolateurs en porcelaine pour tensions superieures ou égales à 1 000 Volts Règles.

[24] * * — American Standard Test Methods for electrical Power Insulators C.29.I.1961

[25] * * — Suporturi izolante pentru instalațiile electrice — Condiții generale STAS 6390/61.

[26] *Burgsdorf* şi alţii — Voprosî zascitî ot perenapreajenii Koordinaţii izoleaţii v SUA Gosenergoizdat Moskva — — Leningrad 1960.

[27] * * — Power Transformers. Secţiunea 8 : Nivele de izolaţie B.S. 171 : 1959.

[28] *Adămuţ. I., Drăgan, G.* — Cercetări privind stabilirea nivelului de izolaţie a barelor din staţiile şi posturile de transformare de tip interior. Studii şi cercetări de energetică 1962 Nr. 2.

[29] *Bernochi, C.* — La tensione di tenuta nelle prove ad impulso su isolatori. L'energia elettrica Vol. *XXXIV* iulie, 1957 p. 681.

[30] *Baumann, W.* — Statistischer Fehler bei den Bestimmung der 50% Überschlagstosspannung ETZ A. Vol. **78** 1957, 1 iunie, p. 369.

[31] * * — Recommandations pour la mesure des tensions au moyen d'éclateurs à sphères (une sphère à la terre) CEI Publication 52. Deuxieme édition 1960.

[32] *Popescu, Ch., Tănăsescu, Fl.* — Imaginea cîmpului electric în jurul izolatoarelor suport de interior indigene de 6, 10, 20, 35 kV şi comportarea lor la unde de impuls de tensiune. Electrotehnica 5, 1957, p. 139—147.

[33] *Drăgan, G., Popa, B., Adămuţ, I.* — Cercetări experimentale privind determinarea tensiunilor de conturnare a lanţurilor de izolatoare IC4. Studii şi cercetări de energetică Anul *XI*, 1961, nr. 2 pag. 354—375.

[34] *Avramescu, A.* — Solicitarea echipamentului staţiilor de foarte înaltă tensiune. Electrotehnica **7** 1959, Nr. 12 pag. 418—427.

[35] *Drăgan, G., Popa, B.* — Încercarea izolatoarelor electrice de fabricaţie romînească pentru liniile de 10—35kV Electrotehnica **8**, Nr. 9 sept. 1960 pag. 313—321.

[36] *Sirotinschi, L. T.* — Tehnica tensiunilor înalte, Vol. I. pag. 251, traducere din limba rusă Ed. Energetica de Stat, 1954.

Cercetări experimentale privind răcirea transformatoarelor de putere

J.6142/67 Loferdiva

Dumitru Cîrstea şi Virgil Ţenescu* — Craiova

CZ 621.314.2.017.72

La uzinele „Electroputere" în modernizarea construcţiilor de transformatoare s-au obţinut progrese însemnate. Elaborarea noilor tipuri de elemente de răcire s-a făcut în baza unor cercetări experimentale, luîndu-se în consideraţie şi aspectul economic al soluţiilor propuse. În cele ce urmează se arată cîteva din preocupările şi rezultatele obţinute în acest domeniu.

Problema adoptării, calculării şi execuţiei practice a unui sistem de răcire la transformatoarele de putere este determinantă în ce priveşte soluţionarea optimă a întregii construcţii.

În ultima vreme transformatoarele de putere produse de diverse firme sînt echipate cu tipuri de răcitoare avînd o mare diversitate de forme constructive. Principial adoptarea unui tip sau a altuia de răcitor depinde de următorii factori :

— puterea transformatorului ;
— eficacitatea cedării de căldură ;
— tehnologia de realizare ;
— eficacitatea economică ;
— condiţii de gabarit, transport, exploatare.

Conform STAS 1703-60 [1], modurile de răcire în funcţie de caracterul circulaţiei uleiului şi de felul în care este răcită suprafaţa exterioară a elementelor de răcire (ţevi, radiatoare, ondule etc.) prin interiorul cărora circulă uleiul, se clasifică astfel :

Circulaţia uleiului :

— naturală (N) ;
— forţată (F).

Răcirea suprafeţei exterioare a elementelor răcitoare :

— liberă (naturală) cu aer (L) ;
— forţată prin suflare cu aer (S) ;
— cu apă (A).

Repartizarea diverselor tipuri de sisteme de răcire la transformatoarele de putere, a cunoscut o evoluţie permanentă ceea ce se poate urmări în diagrama din figura 1 [2], din care constatăm o scădere vertiginoasă a utilizării sistemelor de tipul NL (curba 1), concomitent cu o dezvoltare rapidă a sistemelor moderne (curba 4 şi 5).

*) D. CÎRSTEA este inginer principal iar V. ŢENESCU este inginer la Uzinele „Electroputere" — Craiova.

În figura 1 se poate vedea dezvoltarea diverselor tipuri de sisteme de răcire a transformatoarelor [2].

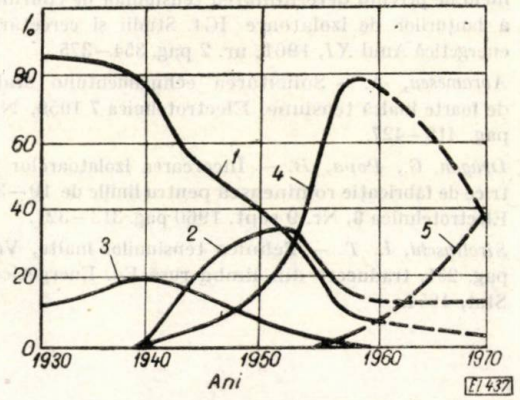


Fig. 1. Dezvoltarea diverselor tipuri de sisteme de răcire a transformatoarelor. În ordonată este reprezentată puterea în % a transformatoarelor cu diverse tipuri de răcire :

1 — transformatoare cu răcire naturală cu aer si circulație liberă a uleiului (*NL*) ; *2* — transformatoare cu circulație liberă a uleiului și suflate cu aer (*NS*) ; *3* — transformatoare avînd sistem de răcire cu apă a uleiului și circulație forțată a uleiului (*FA*) ; *4* — transformatoare avînd circulație forțată a uleiului și suflate cu aer (*FS*) ; *5* — transformatoare răcite cu gaz inert.

În ordonată este reprezentată puterea în % a transformatoarelor cu diverse tipuri de răcire.

1. Evacuarea căldurii din transformatoare

Ca urmare a pierderilor care apar în transformatoarele de putere, diversele piese componente se încălzesc. Temperaturile limită admise impuse prin norme depind în primul rînd de stabilitatea termică a materialelor electroizolante.

Transmisia căldurii de la sursele de pierderi din transformator (bobinaje, miez etc.) către mediul ambiant de răcire se face pe cele trei procese cunoscute : radiație, conducție și convecție, care apar deobicei împreună.

Căldura dezvoltată în transformator se transmite mai întîi prin conducție particulelor de ulei din imediata vecinătate, acestea încălzindu-se se ridică, iar locul lor este ocupat de ulei rece, creîndu-se astfel circulația naturală a uleiului. Un fenomen asemănător se petrece și la transmiterea căldurii de la elementul intermediar de răcire (de obicei ulei) către mediul ambiant de răcire (de obicei aer, apă).

Mărimea coeficienților și dependența lor de diferiți factori ce caracterizează cantitativ fenomenul de radiație, conducție și convecție sînt cunoscute din literatura de specialitate [3, 4, 5, 6, 7, 8] și au la bază determinări experimentale. De multe ori însă, experiențele nu au condus la aceleași rezultate, ci dimpotrivă la unele concluzii contradictorii. Astfel valoarea coeficientului de convecție (α_c W/°C m²) depinde și de poziția în spațiu a suprafeței de cedare, dar relațiile cantitative stabilite în urma cercetărilor se contrazic [3, 5, 6].

Rezolvarea problemei răcirii transformatoarelor prezintă două aspecte :

a) răcirea interioară, adică cedarea căldurii de la părțile unde se produce către mediul intermediar de răcire ;

b) răcirea exterioară, adică cedarea căldurii de la mediul intermediar către mediul ambiant de răcire.

Căile de circulație parcurse de ulei în interiorul cuvei transformatorului sînt relativ complicate și depind de forma și dimensiunile căilor în paralel, de rezistența hidrodinamică pe care trebuie s-o învingă uleiul (fig. 2 și 3).

În figura 2 se reprezintă căile de circulație a uleiului într-un transformator cu răcire *NL*, iar în figura 3 circulația dirijată a uleiului în interiorul unui transformator răcit exterior

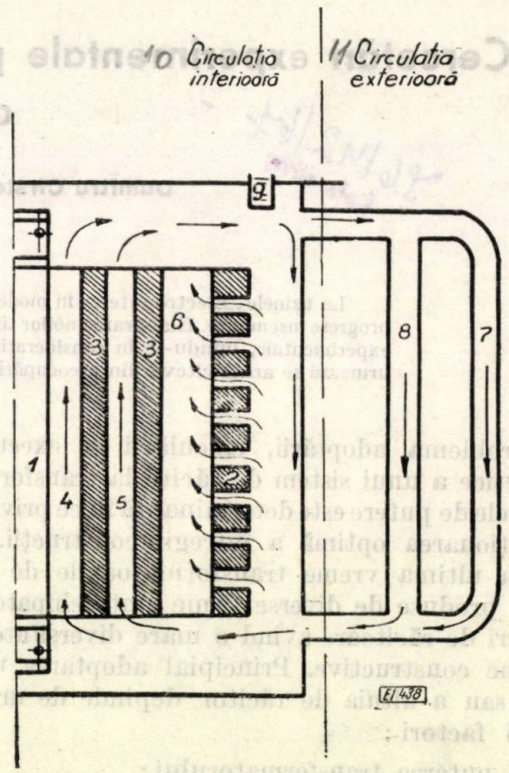


Fig. 2. Căile de circulație a uleiului într-un transformator cu răcire NL. :

1 — miez magnetic ; *2* — înfășurare de *IT* în galeți ; *3* — înfășurare *JT* ; *4* — canal de răcire între miez și *JT* ; *5* — canal de răcire a înfășurării *JT* ; *6* — canal de răcire între înfășurarea de *JT* și *IT* ; *7* — țeavă ; *8* — lîră ; *9* — pahar metalic pentru măsurarea temperaturii uleiului în straturile superioare cu termometrul.

prin suflare cu aer și cu circulație forțată a uleiului.

Analizînd configurația căilor de circulație a uleiului se poate stabili o schemă echivalentă a circuitelor de cedare a căldurii (fig. 4) [9].

Figura 4 reprezintă schema echivalentă a circuitului interior și exterior de răcire a transformatorului.

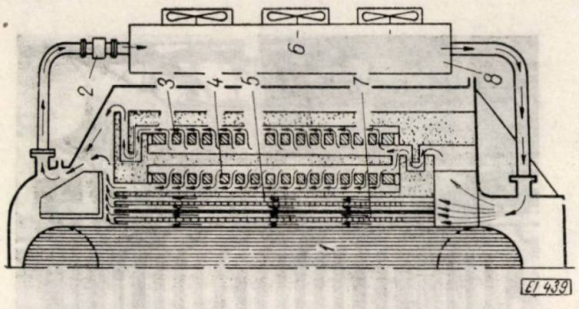


Fig. 3. Circulația dirijată a uleiului în interiorul unui transformator răcit exterior prin suflare cu aer și cu circulație forțată a uleiului:
1 – miez; *2* – pompă; *3–4* – înfășurare *IT*; *5–7* înfășurare *JT*; *6* – ventilator; *8* – radiator.

În schema prezentată căldura din canalele înfășurărilor este considerată ca o sursă de tensiune V_i, iar cedarea căldurii în elementele răcitoare ca o sursă de tensiune U_e, conectată în serie cu prima. Rezistențele hidrodinamice întîmpinate de ulei în circulația sa au caracterul unor rezistențe active. Intensificarea cedării

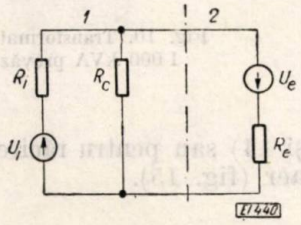


Fig. 4. Schema echivalentă a circuitului interior și exterior de răcire a transformatorului:
1 – schema echivalentă pentru înfășurări și cuvă; *2* – schema echivalentă pentru circuitul exterior de răcire; R_i – rezistența hidrodinamică a canalelor dintre bobinaje; R_c – rezistența hidrodinamică dintre înfășurări și cuvă; R_e – rezistența hidrodinamică a elementelor răcitoare.

căldurii, conform acestei scheme, se poate face prin creșterea tensiunilor U_i și U_e și micșorarea rezistențelor hidrodinamice R_i și R_e, ceea ce presupune mărirea vitezei de circulație a uleiului și răcirea suplimentară a elementelor

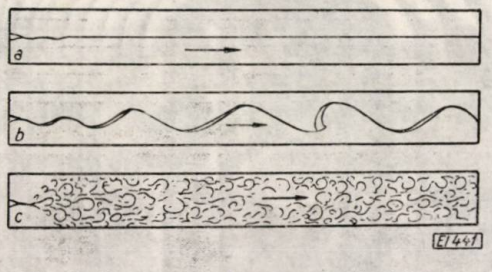


Fig. 5. Regimurile de curgere a fluidelor:
a – laminar; *b* – tranzitoriu; *c* – turbulent.

exterioare (circulație forțată a uleiului și suflare cu aer).

Circulația uleiului și a mediului de răcire poate să fie laminară, tranzitorie sau turbulentă (fig. 5 și 6) [4].

În figura 5 se prezintă regimurile de curgere a fluidelor.

Din figura 6 se constată că regimul de curgere, funcție de coeficientul de transmisie a căldurii α variază, și anume el are valori mai mari cînd curgerea se face cu turbionări violente.

Experimental, s-a constatat că repartiția temperaturilor și a vitezei uleiului în interiorul unei țevi de răcire depinde de forma secțiunii, de caracterul mișcării, de viscozitatea uleiului (fig. 7).

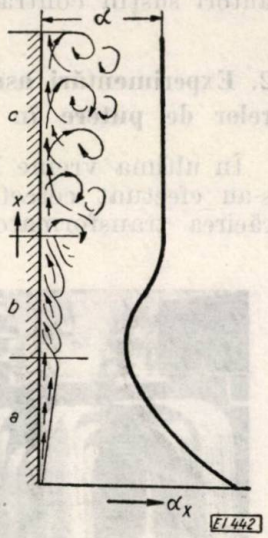


Fig. 6. Variația coeficientului de cedare a căldurii (α) în cazul circulației naturale a aerului, în funcție de înălțimea țevii și dependența acestei variații de caracterul mișcării:
a – laminar; *b* – tranzitoriu; *c* – turbulent.

Pentru răcirea exterioară a transformatoarelor de putere în ulei funcție de puterea lor și de posibilitățile de execuție și exploatare, se pot adopta următoarele tipuri de răcitoare:

- cuve cu ondule;
- țevi sudate direct de cuvă;
- radiatoare demontabile din țevi;
- baterii de radiatoare din tablă;
- baterii separate de radiatoare;
- radiatoare suflate forțat cu aer;
- răcitoare cu apă.

În ultima vreme toate aceste sisteme au fost atent studiate sub aspect teoretic și experimental, diferitele firme realizînd construcții moderne, unele constituind un real progres, iar altele numai o noutate de reclamă [2, 7, 9].

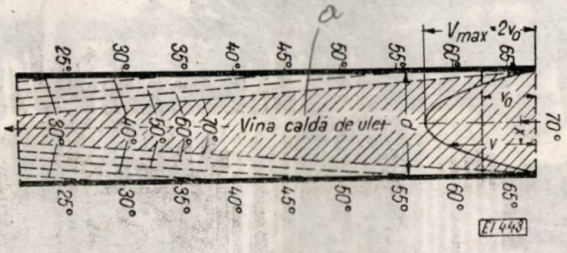


Fig. 7. Repartiția izotermică a temperaturilor și vitezei uleiului (v) în interiorul unei țevi de secțiune circulară în cazul circulației naturale a uleiului; V_0 – viteza medie în secțiunea țevii; $V_{max} = 2V_0$ – viteza maximă a uleiului în interiorul țevii.

Asupra eficacității țevilor turtite în locul țevilor de secțiune circulară, părerile sînt împărțite. Astfel unii autori [9] au ajuns la concluzia că pentru evacuarea cantității de căldură cauzată de 1 kW pierderi, este necesară o

suprafață de răcire mai mică în cazul radiatoarelor din țevi turtite decît al radiatoarelor de secțiune circulară, datorită creșterii vitezei medii a uleiului în elementul de răcire; alți autori susțin contrariul [7].

2. Experimentări asupra răcirii transformatoarelor de putere în ulei

În ultima vreme la uzinele „Electroputere" s-au efectuat cercetări experimentale privind răcirea transformatoarelor. Astfel, s-a putut

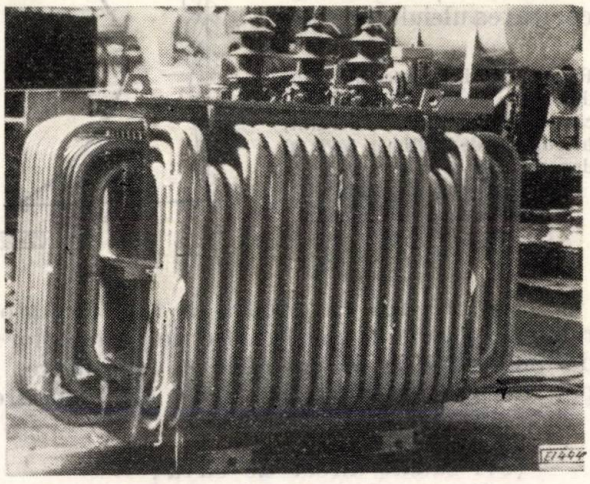


Fig. 8. Transformator trifazat în ulei de 500 kVA prevăzut cu trei rînduri de țevi sudate direct de cuvă.

trece de la sistemul de răcire cu țevi sudate fiecare direct de cuvă (fig. 8) la cuve prevăzute cu lire (fig. 9, 10, 11, 12).

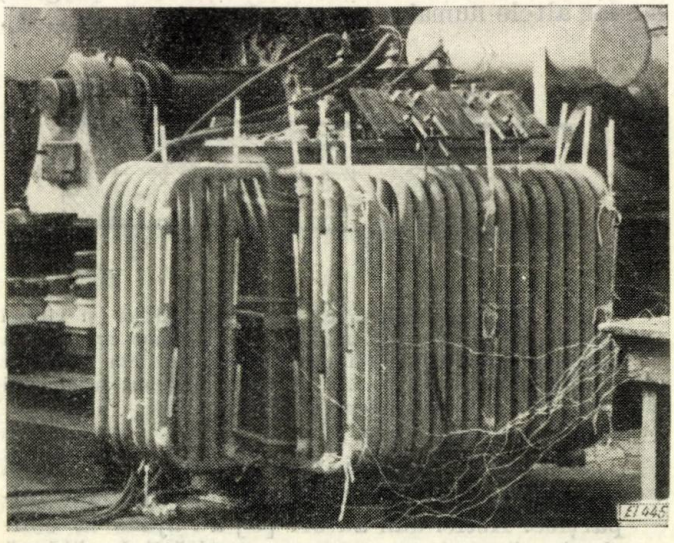


Fig. 9. Transformator trifazat în ulei de 500 kVA prevăzut cu lire de secțiune circulară. Aspect din timpul probelor.

La transformatoarele de puteri mari (peste 3 150 kVA) s-au realizat noi tipuri de radiatoare demontabile pentru răcire naturală (fig.13

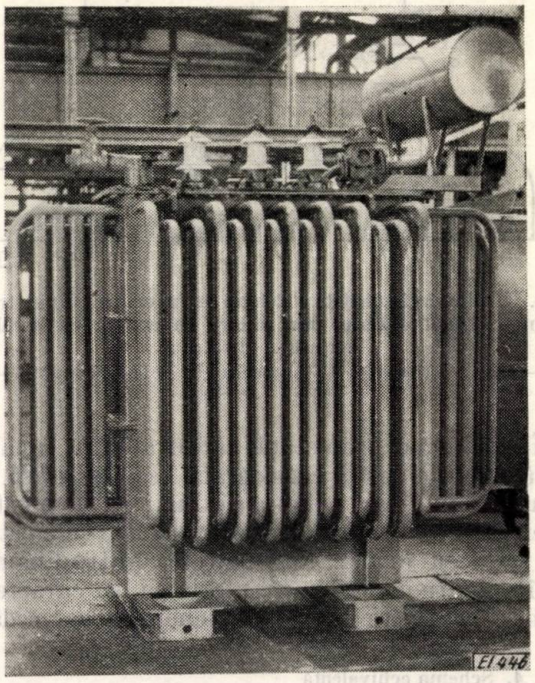


Fig. 10. Transformator trifazat în ulei de 1 000 kVA prevăzut cu lire turtite.

și 14) sau pentru răcire forțată prin suflare cu aer (fig. 15).

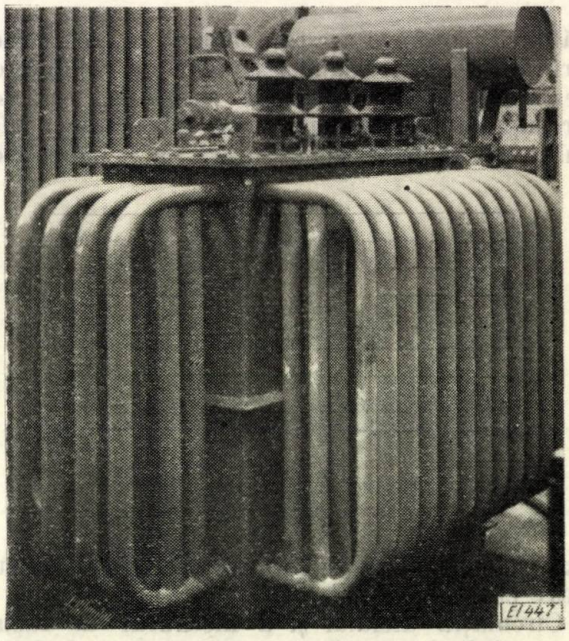


Fig. 11. Transformator trifazat în ulei de 250 kVA prevăzut cu lire turtite numai la capete.

La experimentările executate pe diverse tipuri de transformatoare s-a urmărit :

— determinarea încălzirilor medii ale înfășurărilor obținute prin măsurarea rezistențelor chimice la rece și la cald ;

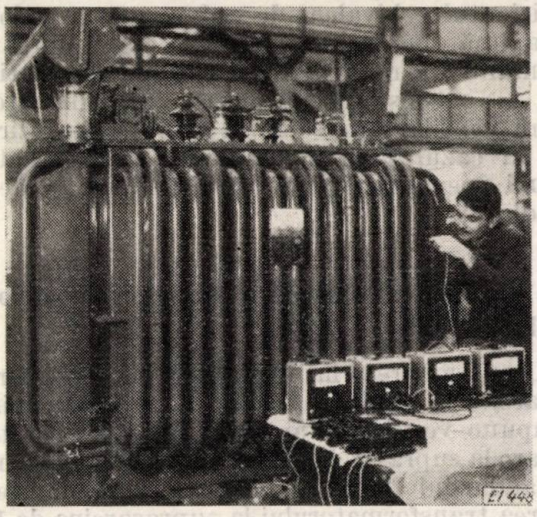


Fig. 12. Transformator trifazat în ulei de 630 kVA, prevăzut cu liră din tablă îndoită. Aspect din timpul probelor.

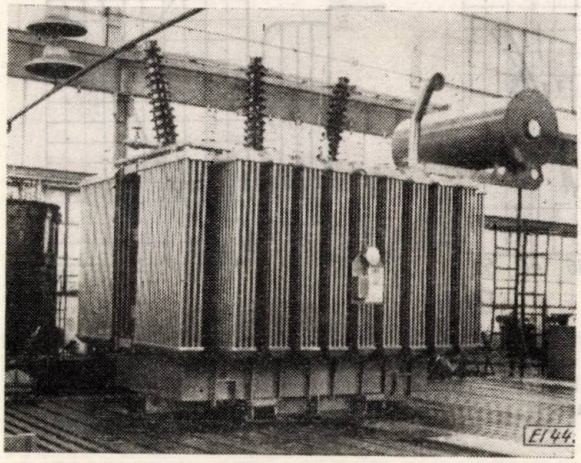


Fig. 13. Transformator trifazat în ulei cu trei înfășurări 8/4/4 MVA prevăzut cu radiatoare din țeavă de secțiune circulară.

— încălzirea maximă a uleiului măsurată cu termometrul pe capac (θ_u) ;

— încălzirea medie a uleiului obținută din relația :

$$\theta_m = k \cdot \theta_u,$$

$$k = \frac{\text{diferența de temperatură în elementul de răcire}}{2 \cdot \theta_u}$$

— coeficientul echivalent de cedare a căldurii obținut din relația :

$$\alpha_e = \frac{P_T}{\theta_m \cdot S_e} W/°C\,m^2$$

în care :

$P_T = P_o + P_{k75}$, adică suma pierderilor în gol și de scurtcircuit recalculată la 75°C ;

$S_e = 0{,}75 \cdot S_{capac} + S_{țevi} + S_{cuvă}$, adică suprafața efectivă de răcire în m^2, variația temperaturii de-a lungul elementului de răcire.

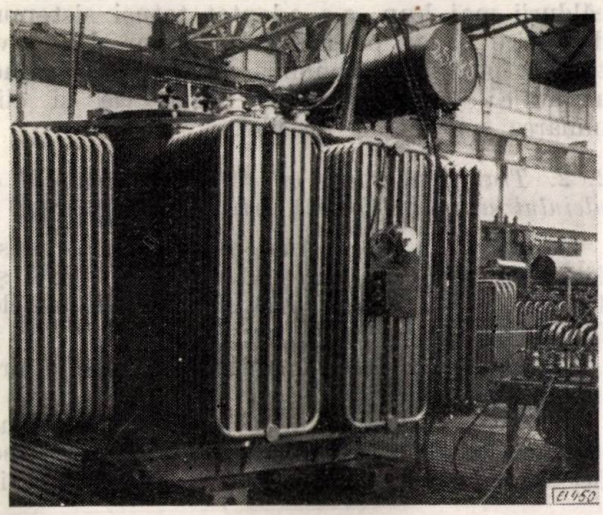


Fig. 14. Transformator trifazat în ulei de 5 MVA prevăzut cu radiatoare cu lire turtite. Aspect din timpul probelor.

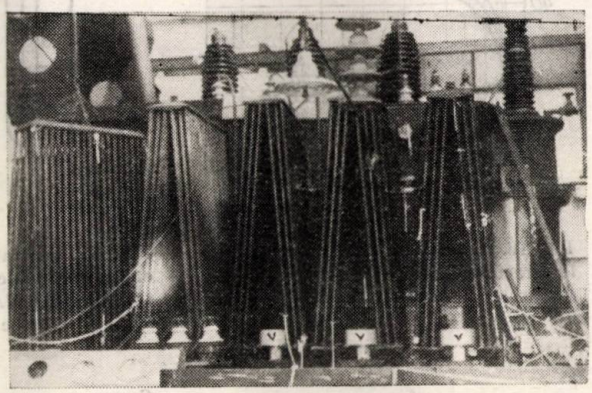


Fig. 15. Transfomator trifazat în ulei 20/20/20 MVA prevăzut cu ventilație forțată prin suflare cu aer. Aspect din timpul probelor.

În baza încercărilor efectuate se conturează rezultatele următoare.

2. 1. *Transformatoare cu răcire naturală* (*NL*).

Principalele rezultate obținute la probele transformatoarelor de 500 kVA și 8/4/4 MVA sînt date în tabela 1 și în figurile 16, 17, 18, și 19.

Din analizarea acestor rezultate se ajunge la concluzia că pentru aceeași suprafață de răcire, cedarea de căldură este mai eficace în cazul țevilor cu lire de secțiune circulară pe

toată lungimea (fig. 9). Chiar şi o strangulare parţială (de exemplu numai la capete) înrăutăţeşte esenţial cedarea de căldură.

În cazul ţevilor turtite, avantajul obţinut prin creşterea vitezei medii a uleiului este anulat de dezavantajul provocat de creşterea rezistenţei hidrodinamice. Deşi experimental se constată că elementele de răcire cu ţevi de secţiune circulară au coeficient de cedare a căldurii mai bun, s-a adoptat totuşi sistemul de răcire bazat pe utilizarea lirelor din ţevi turtite, pe lîngă economia de ulei prezentînd avantaje esenţiale privind fabricaţia şi eliminarea scurgerilor de ulei.

2. 2. *Transformatoare cu circulaţie naturală a uleiului şi răcire forţată prin suflare cu aer*

Încercările s-au efectuat asupra unui transformator 20/20/20 MVA 110/38,5/6,6 kV şi 10/10/10 MVA 110/16,5/6,6 kV, ventilatoarele fiind montate ca în figura 15.

Studierea rezultatelor obţinute a dus la următoarele concluzii :

— valoarea optimă a coeficientului echivalent de cedare a căldurii se obţine cînd pe fiecare radiator se montează un singur ventilator, numărul lor fiind determinat prin experimentări ;

— forma ventilatorului şi amplasarea trebuie astfel alese încît să se obţină o suflare mai intensă a părţilor superioare ale radiatoarelor ;

— din figurile 20 şi 21 se constată că pentru încălziri corespunzătoare sarcinii nominale, coeficientul echivalent de cedare atinge valoarea maximă, pentru alte sarcini exploatarea sistemului de răcire forţată nefiind cea optimă ;

— s-a constatat că pentru 70% din sarcină, fără ventilatoare, se obţin aceleaşi încălziri ca şi în cazul sarcinii nominale, transformatorul fiind prevăzut cu cîte un ventilator pe fiecare radiator.

3. Verificarea capacităţii transformatoarelor la suprasarcină

Funcţionarea în exploatare a transformatoarelor la sarcini mai mari decît cea nominală impune verificarea acestora în uzina constructoare la suprasarcini care sînt stabilite de norme. Standardul STAS 1703—60 prevede verificarea transformatorului la suprasarcina de 10% timp de 60 minute şi la suprasarcina de 30 %

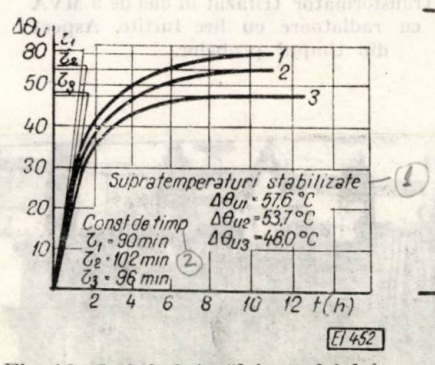


Fig. 16. Curbele de încălzire a uleiului în straturile superioare la transformatoarele de 500 kVA, 15/0,4 kV.

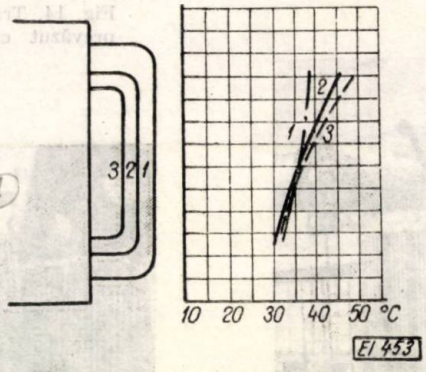


Fig. 17. Variaţia încălzirii de-a lungul elementelor de răcire la un transformator de 500 kVA, 15/0,4 kV cu ţevi dispuse în trei rînduri.

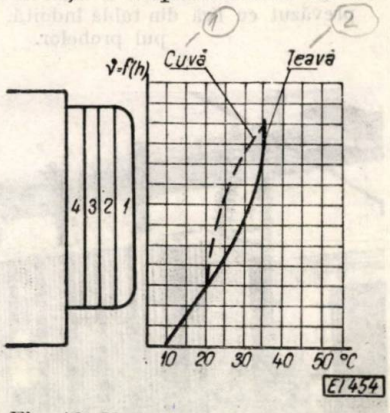


Fig. 18. Variaţia încălzirii de-a lungul elementelor de răcire şi cuvei la un transformator de 500 kVA, 15/0,4 kV prevăzut cu lire.

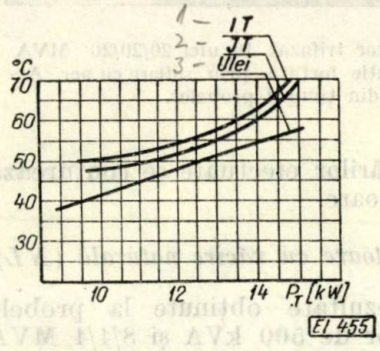


Fig. 19. Dependenţa de sarcină a încălzirii medii a uleiului şi înfăşurărilor la un transformator de 630 kVA, 6/0,4 kV prevăzut cu liră specială.

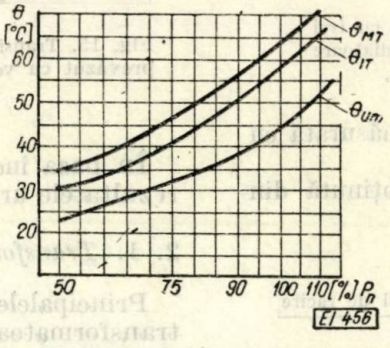


Fig. 20. Încălzirile medii (θ_m) ale uleiului şi înfăşurărilor (θ_{MT1a} şi θ_{IT}) pentru pierderile corespunzătoare la diferite sarcini pentru transformatorul 10/10/10 MVA 110/16,5/6,6 kV.

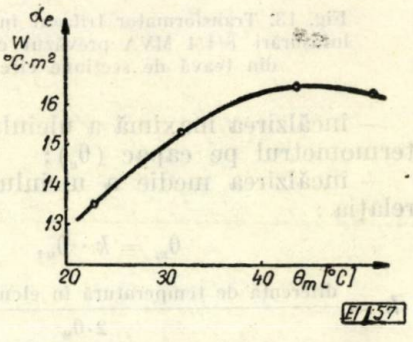


Fig. 21. Variaţia coeficientului echivalent de cedare a căldurii funcţie de încălzirea medie a uleiului la transformatorul 10/10/10 MVA, 110/16,5/6,6 kV.

timp de 15 minute, după ce în prealabil transformatorul a funcționat într-un regim stabilizat de 90% din sarcina nominală.

Pe standul de probe cea mai cunoscută și de multe ori singura realizabilă este metoda de încercare în scurtcircuit. Pentru încercarea de încălzire a transformatorului la sarcina nominală în regim staționar această metodă se utilizează cu succes obținîndu-se rezultate în limitele unei precizii satisfăcătoare a măsurătorilor.

Pentru verificarea capacității de suprasarcină, normele nu precizează în ce măsură și cum să fie aplicată metoda în scurtcircuit. Evident, încărcarea directă a transformatorului adică alimentarea înfășurării primare (de exemplu înaltă tensiune) la tensiunea nominală și încărcarea înfășurării secundare (joasă tensiune) pe o sarcină activă (cos $\varphi = 1$), corespunzător suprasarcinii impuse (1,1 sau 1,3 I_n), conduce la obținerea unor rezultate corecte. Dar la tensiuni și mai ales la puteri mari această metodă nu este practic aplicabilă pe stand. De aceea s-au efectuat experimentări pe transformatoare pe care să fie posibilă aplicarea metodelor de încărcare directă stabilindu-se totodată în ce condiții metoda de încercare în scurtcircuit duce la rezultate satisfăcătoare.

La uzinele „Electroputere" s-a aplicat metoda de scurtcircuit în două variante, rezultatele obținute fiind apoi comparate cu cele corecte realizate din încercarea prin metoda încercării directe.

3.1. *Varianta* I

a) se încarcă transformatorul în scurtcircuit la pierderile totale corespunzătoare unei subsarcini de 90% pînă ce se realizează un regim staționar de încălzire:

$$P_T = 0{,}81 \cdot P_{k75} + P_0$$

P_{k75} reprezintă pierderile nominale la scurtcircuit recalculate la 75°C;

P_0 — pierderile nominale la mers în gol;

b) fără întreruperea probei se încarcă transformatorul la un curent 0,9 I_n timp de 30 minute;

c) în continuare se trece transformatorul în regim de suprasarcină stabilind pierderile:

$P_{T(10)} = (1{,}1)^2 \cdot P_{k75} + P_0$ — pentru suprasarcină de 10% timp de 60 minute;

d) se oprește proba măsurîndu-se imediat rezistența la cald a înfășurărilor pentru a se calcula încălzirea medie a înfășurărilor.

3. 2. *Varianta* II

a) se încarcă transformatorul la pierderile totale corespunzătoare unei subsarcini de 90%:

$P_T = 0{,}81 \cdot P_{k75} + P_0$, pînă la stabilizare;

b) se stabilește în înfășurarea alimentată curentul:

$I_{(10)} = 1{,}1 \cdot I_n$ — timp de 60 minute

sau

$I_{(30)} = 1{,}3 \cdot I_n$ — timp de 15 minute.

Rezultatele comparative obținute se dau în tabela 2, de unde rezultă încălziri ale bobinajului și uleiului de valori apropiate față de încălzirile la sarcină nominală, în cazul utilizării variantei II, ceea ce confirmă utilitatea practică a acestei metode, care a fost propusă pentru standardizare la elaborarea noului standard privind „Metode de încercare la transformatoare".

Tabela 1

Rezultatele obținute la sarcina nominală în regim staționar pentru diverse tipuri de transformatoare (*NL*)

11. Transformatorul experimentat	12. Nr. crt.	13. Tipul cuvei	14. Pierderile totale $P_T = P_0 + P_{k75}$	15 Încălz. uleiului în strat super. θ_u	16 Coef. de reduc. pt. calcul încălz. med. a uleiului, (k)	17 Încălzirea medie a uleiului, θ_m	18 Suprafața geom. a transf. S_e	19 Coef. echiv. de cedare a căldurii α_e
			kW	°C	–	°C	m²	W/°C m²
500 kVA 15/04, kV	1	Cu trei rînduri de țevi sudate direct pe cuvă	12	57,6	0,887	51,2	28,43	8,25
	2	Cu trei lire turtite pe toată lungimea	12	53,7	0,887	47,6	29,36	8,60
	3	Cu trei lire de secțiune rotundă	12	48,0	0,851	40,8	29,36	10,0
500 kVA 5/04, kV	4	Prevăzut cu țeavă avînd 3 lire de secțiune rotundă, dar turtite la îmbinări	12	56,5	0,894	50,5	29,36	8,1
	5	Prevăzut cu țeavă avînd 3 lire turtite pe toată lungimea	12	57,9	0,873	50,7	29,36	8,05
8/4/4 MVA	6	Radiator din țevi turtite	110	39,2	0,813	31,8	535,0	6,5
	7	Radiator din țevi de secțiune rotnndă	110	31,2	0,856	26,7	566,0	7,3

Tabela 2

Rezultatele obținute la probele de sarcină și suprasarcină ale transformatorului TTU 200 kVA 6/0,4 kV

A Nr. crt.	B Proba	C Metode folosite	D Condiții de încercare	E Încălziri obținute (°C) F ulei	I. bobinaj IT	J bobinaj JT
1	Sarcină nominală	încărcare în scurt-circuit 1.1	a) pierderi corespunzătoare sarcinii nominale (P_N): $P_{k75}+P_0=5\,387$ W; în regim staționar urmat de b) încărcarea la $I_n = 19{,}25$ A timp de 30 min	50,8	57,3	57,2
2	Suprasarcină de 10%	varianta I 1.2	a) pierderi coresp. subsarcinii de 0,9 P_N: $(0{,}9)^2\ P_{k75} + P_0 = 4\,532$ W în regim staționar urmat de b) încărcare la 0,9 $P_N = 17{,}34$ A timp de 30 min și c) supraîncărcarea coresp. suprasarcinii 1,1 P_N: $(1{,}1)^2\ P_{k75} + P_0 = 6\,337$ W timp de 60 minute	50,0	59,4	61,0
3	Suprasarcină de 30%	varianta I 3.1	a) idem 2 a b) idem 2 b c) supraîncărcare 1,3 $P_N : (1{,}3)^2.\ P_{k75} + P_0 = 8494$ W	47,5	62,6	64,3
4	Suprasarcină de 10%	varianta II 4.1	a) idem 2 a b) supraîncărcare 1,1 $I_n = 21{,}2$ A timp de 60 min	48,2	57,6	58,0
5	Suprasarcină de 30%	varianta II 5.1	a) idem 2 a b) supraîncărcare de 1,3 I_n timp de 60 min	47,0	58,0	58,3
6	Suprasarcină de 10%	încărcare directă la cosφ = 1 6.1	a) încărcarea la subsarcină de 0,9 $P_N = 17{,}34$ A în regim staționar și b) supraîncărcare 1,1 $I_n = 21{,}2$ A timp de 60 min	49,1	57,7	58,2

4. Concluzii

Introducerea elementelor de răcire pe bază de lire din țeavă turtită, la transformatoarele cu răcire naturală, este justificată din punct de vedere tehnic și economic. Dezavantajul acestora în ceea ce privește cedarea de căldură în comparație cu lirele din țeavă de secțiune circulară este neesențial și compensat de avantajele de fabricație ale lirelor turtite.

Pentru transformatoare de putere mare (peste 10 MVA) introducerea ventilației forțate prin suflare cu aer prezintă avantaje în comparație cu sistemul de răcire naturală. Pentru unitățile mari este necesară însă trecerea la circulație forțată a uleiului prin răcitoare de mare eficacitate ventilate forțat prin suflare cu aer.

Metoda propusă (varianta II) pentru încercare la suprasarcină de 10% respectiv 30% după o subsarcină de 90% în regim stabilizat dă rezultate concludente.

Sînt necesare încă experimentări pentru generalizarea metodei și pentru alte suprasarcini, stabilind eventualii coeficienți de corecție.

Bibliografie

[1] STAS 1703-60 — Transformatoare de putere, trifazate în ulei. Condiții generale.

[2] *Kraiz A. G.* — Transformatori (vîpusc piatîi): sbornik obzornîh statei pod redakției A. G. Kraiza, GEI 1960.

[3] *Richter R.* — Mașini electrice vol. I și vol. III. Editura tehnică 1958—1960.

[4] *Miheev M. A.* și *Miheeva I. M.* — Kratkii kurs teploperedacii, GEI — 1960.

[5] *Küchler R.* — Die Transformatoren — Berlin Springer Verlag.

[6] *Petrov G. N.* — Elektriceskie mașinî — ciasti 1 — Transformatorî — G.E.I.

[7] *Skala M.* — Transformatory na velmi vysoka napeti Praga 1958 — SNTL.

[8] *Bulgakov N. I.* — Calculul transformatoarelor (traducere din limba rusă). Editura tehnică 1951.

[9] *Aigner V.* — Aussere Kühlung von Oltransformatoren. ETZ-A nr. 19/1958 p. 681—687.

NOTĂ

Calculul randamentului sau pierderilor

Carol Saal* — Braşov

CZ 621.3.017.8

La proiectarea maşinilor şi transformatoarelor electrice, ca de altfel şi la calculul motoarelor termice, se impune deseori calculul randamentului cînd se cunosc pierderile sau invers, puterea utilă P_u fiind considerată cunoscută.

Plecînd de la relaţia de definiţie

$$\% = \frac{P_u}{P_u + p} \cdot 100 \tag{1}$$

se găseşte

$$P = \frac{(100 - \eta\%)\, P_u}{\eta\%}. \tag{1'}$$

Nomograma prezentată permite determinarea grafică a mărimilor p, respectiv $\eta\%$ sau P_u din relaţiile (1) şi (1') cînd se cunosc celelalte două mărimi ce intervin în relaţiile de mai sus. Nomograma este cu puncte aliniate, scările puterii utile P_u şi a pierderilor p fiind plasate pe o elipsă comună, scara răspuns $\eta\%$ fiind pe diametrul mare al elipsei.

Domeniile de variaţie sînt : $P_u = 5 - 100$, $p = 0{,}5 - 30$, ambele mărimi trebuind să fie exprimate în aceleaşi unităţi

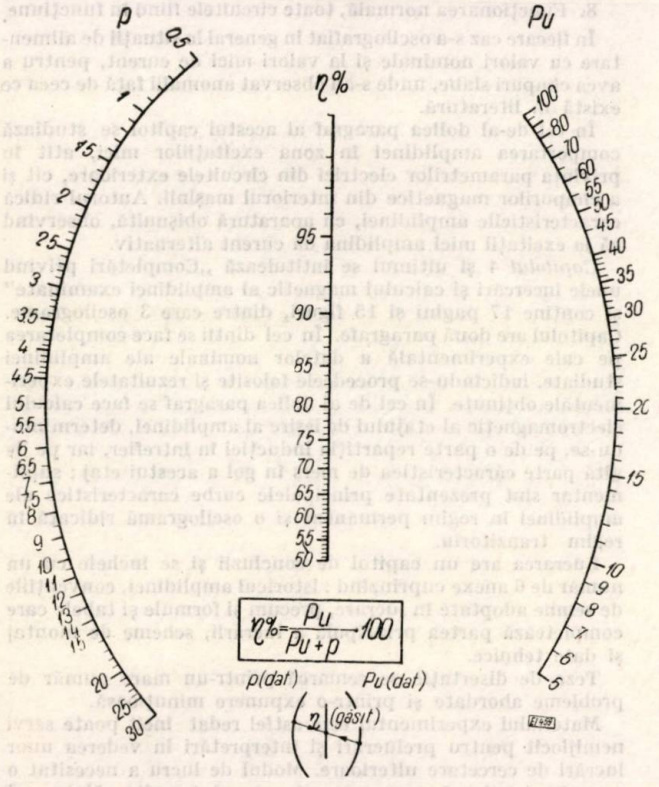


Fig. 1

de măsură şi putînd fi simultan de $10\,k$ ori mai mari sau mai mici, k fiind un număr întreg oarecare. $\eta\%$ variază între 50 şi 95%, valori care satisfac în cazul maşinilor electrice mici şi mijlocii.

*) C. SAAL este inginer la DSAPC — Braşov.

Exemplu : Un generator de curent continuu de putere utilă $P_u = 560$ kW trebuie să aibă randamentul $\eta = 92\%$. Cît de mari trebuie să fie pierderile $P\tau$

Unind punctul corespunzător lui 56 de pe scara P_u cu punctul corespunzător lui 92% de pe scara $\eta\%$, se găseşte pe scara p valoarea 4,9 ce trebuie multiplicată cu 10, deoarece P_u a fost luat de 10 ori mai mic. În consecinţă $p = 49$ kW.

Anexă referitoare la construcţia nomogramei „Calculul randamentului sau pierderilor"

Prin transformări elementare, relaţia

$$\eta = \frac{P_u}{P_u + p} \tag{1}$$

poate fi scrisă sub forma :

$$\log P_u - \log p = \log \frac{\eta}{1 - \eta}. \tag{1'}$$

Dacă se notează

$$f_1 = -\log p,$$

$$f_2 = \log P_u,$$

$$f_3 = \log \frac{\eta}{1 - \eta}$$

relaţia (1') este adusă sub forma

$$f_1 + f_2 = f_3 \tag{2}$$

a doua formă canonică de nomografiere (vezi [1], pag. 241).

Punînd

$$\zeta_0 = f_3$$

$$\eta_0 = f_2$$

$$\xi_0 = f_1$$

şi adăugînd în ambii membri ai relaţiei (2) cantităţile

$$\gamma = \alpha + \beta,$$

iar apoi înmulţind aceeaşi relaţie cu λ, obţinem :

$$\lambda(\eta_0 + \alpha + \lambda(\xi_0 + \beta) = \lambda(\zeta_0 + \gamma) \tag{3}$$

În fine, introducînd notaţiile :

$$\zeta_1 = \lambda(\zeta_0 + \gamma) = \lambda\left(\log \frac{\eta}{1 - \eta} + \gamma\right),$$

$$\xi_1 = \lambda(\xi_0 + \alpha) = \lambda(-\log p + \alpha),$$

$$\eta_1 = \lambda(\eta_0 + \beta) = \lambda(\log P_u + \beta),$$

atunci ecuaţiile scărilor p şi P_u se vor găsi pe o elipsă comună de diametre D_x şi D_y. Scările nomogramei vor avea ecuaţiile parametrice (vezi [1], pag. 240 şi [2], pag. 13) :

Scara p :

$$x = -\frac{D_x 10^{-\xi_1}}{1 + 10^{2-\xi_1}}, \qquad y = \frac{D_y}{1 + 10^{2-\xi_1}}$$

Scara P_u :

$$x = \frac{D_x 10^{-\eta_1}}{1+10^{-2\eta_1}}, \quad y = \frac{D_y}{1+10^{-2\eta_1}}$$

Scara η :

$$x = 0 \quad , \quad y = \frac{D_y}{1+10^{-\zeta_1}}$$

În desenul original, nomograma a fost construită pe o elipsă de diametre

$$D_x = 260 \text{ mm}, \qquad D_y = 360 \text{ mm}.$$

Pentru a obține o caracteristică bună a scării răspuns, cu o precizie mai mare pentru valorile mai ridicate ale lui η, au reieșit valorile :

$$\alpha = 0{,}7\,; \quad \beta = -1{,}3\,; \quad \gamma = \alpha + \beta = -0{,}6\,; \quad \lambda = 0{,}6.$$

Bibliografie

[1] *Невский, Б, А,* : Спровогная книга по номографий Гостехиздат, Москва 1950.

[2] *Пентковский, М.В.* : Схемы номограмм уравнений третьего номографического порядка. Академия Наук СССР, Труды Института точнной механика и вычислительной техники, Издательство Академий Наук СССР, Москва 1953.

RECENZII

Ing. EUGEN SOFAN: **Studiul oscilografic în regim permanent al cîmpurilor în amplidină.** Teză de disertație pentru obținerea titlului de candidat în științe tehnice.

Lucrarea de disertație prezentată de tov. ing. Eugen Sofan este în principal o lucrare cu caracter experimental. Partea teoretică nu este însă nici ea neglijată.

Lucrarea conține 213 pagini dactilografiate și cuprinde : o introducere, 4 capitole și concluzii. La sfîrșitul lucrării se mai dau și 6 anexe.

Introducerea cuprinde : 4 pagini cu subtitlul „Cîteva însemnări introductive asupra lucrării" explicitînd tema lucrării, obiectivele urmărite precum și modul de abordare al temei și se fac unele considerații sumare asupra valabilității generalizării avînd în vedere că s-a încercat o singură mașină. Introducerea se încheie cu cîteva cuvinte închinate fostului conducător științific, regretatul prof. C. Partenie.

Capitolul 1 cu 10 pagini și 7 figuri, din care o oscilogramă, este împărțit în două părți ; în prima parte se descrie grupul motor-amplidină care s-a folosit pentru experimentare. Acesta este unul din exemplarele fabricate în anul 1956 de întreprinderea „Electrotehnica" — București avînd datele 1,2 kW, 3 000 rot/min 2 poli ; 60 V ; 20 A direct cuplat cu un motor asincron de 1,7 kW în colivie de veveriță : 220/380 V, 50 Hz.

În al doilea paragraf se fac unele precizări privind modul de experimentare, mai ales realizarea oscilogramelor, respectiv conținutul, modul de etalonare, unele precauții luate în cursul experimentării, tipurile de oscilograf folosite.

Capitolul 2, intitulat „Analiza metodei de investigație experimentală a cîmpurilor, folosită în lucrare" cuprinde 49 pagini și 16 figuri din care 3 oscilograme și 2 planșe.

Primul paragraf cuprinde descrierea constructivă a dispozitivului de măsură.

Autorul ia legătura de la două lamele de colector, între care se găsea o secție a bobinajului și o duce la două inele situate în afara amplidinei, prin axul găurit în acest scop. Pentru a avea un control în plus, autorul mai repetă aceasta de la alte două lamele de colector și le duce la alte două inele.

În celelalte două paragrafe se caută a se analiza valabilitatea rezultatelor care se obțin oscilografiind tensiunile date de secțiunile de bobinaj amintite, ținînd seamă de faptul că din aspectul tensiunilor se dorește să se tragă concluzii asupra cîmpului în întrefier. Se face în acest scop calculul numeric al curbei de variație a tensiunii de spiră datorită fluxului transversal, comparîndu-se calculele cu rezultatele experimentale.

Capitolul 3 cu 80 pagini și 75 figuri din care 44 oscilograme este intitulat „Rezultate experimentale și interpretări". Capitolul este împărțit în două paragrafe. Primul paragraf este intitulat „Forma principalelor cîmpuri din amplidină", iar al doilea „Studiul comportării amplidinei la excitații mici cu ajutorul oscilografierii cîmpurilor", acesta formînd partea cea mai importantă a lucrării. În ea se prezintă rezultatele încercărilor, sau mai bine zis expunerea oscilogramelor reprezentative, precum și analiza rezultatelor.

Tov. ing. Sofan oscilografiază tensiunea indusă între cele două inele în 8 situații diferite și anume :

1. Alimentînd unul din bobinajele de comandă celelalte fiind deschise.
2. Alimentînd bobinajul de compensație celelalte fiind deschise.
3. Alimentînd periile transversale celelalte bobinaje fiind deschise.
4. Alimentînd periile longitudinale celelalte bobinaje fiind deschise.
5. Alimentînd bobinajul polilor auxiliari celelalte bobinaje fiind deschise.
6. Alimentînd simultan periile longitudinale și bobinajul de compensație cu curenți diferiți, astfel încît să se realizeze o perfectă compundare, o supracompundare și o subcompundare. În tot acest timp celelalte bobinaje au fost deschise.
7. Alimentînd bobinajul de compensație pus în serie cu bobinajul polilor auxiliari, celelalte bobinaje fiind deschise.
8. Funcționarea normală, toate circuitele fiind în funcțiune.

În fiecare caz s-a oscilografiat în general la situații de alimentare cu valori nominale și la valori mici de curent, pentru a avea cîmpuri slabe, unde s-au observat anomalii față de ceea ce există în literatură.

În cel de-al doilea paragraf al acestui capitol se studiază comportarea amplidinei în zona excitațiilor mici, atît în privința parametrilor electrici din circuitele exterioare, cît și a cîmpurilor magnetice din interiorul mașinii. Autorul ridică caracteristicile amplidinei, cu aparatură obișnuită, observînd că la excitații mici amplidina dă curent alternativ.

Capitolul 4 și ultimul se intitulează „Completări privind unele încercări și calculul magnetic al amplidinei examinate" și conține 17 pagini și 15 figuri, dintre care 3 oscilograme. Capitolul are două paragrafe. În cel dintîi se face completarea pe cale experimentală a datelor nominale ale amplidinei studiate, indicîndu-se procedeele folosite și rezultatele experimentale obținute. În cel de al doilea paragraf se face calculul electromagnetic al etajului de ieșire al amplidinei, determinîndu-se, pe de o parte repartiția inducției în întrefier, iar pe de altă parte caracteristica de mers în gol a acestui etaj ; suplimentar sînt prezentate principalele curbe caracteristice ale amplidinei în regim permanent și o oscilogramă ridicată în regim tranzitoriu.

Lucrarea are un capitol de concluzii și se încheie cu un număr de 6 anexe cuprinzînd : istoricul amplidinei, convențiile de semne adoptate în lucrare, precum și formule și tabele care completează partea principală a lucrării, scheme de montaj și date tehnice.

Teza de disertație se remarcă printr-un mare număr de probleme abordate și printr-o expunere minuțioasă.

Materialul experimental este astfel redat încît poate servi nemijlocit pentru prelucrări și interpretări în vederea unor lucrări de cercetare ulterioare. Modul de lucru a necesitat o muncă anevoioasă, care a cerut autorului multă răbdare și perseverență. Autorul a reușit să surprindă și să analizeze unele fenomene care sînt insuficient tratate în literatură.

În lucrare se cercetează destul de amănunțit în primul rînd valabilitatea metodei de investigație, analizîndu-se slăbiciunile ei, datorită influenței pulsațiilor dentare și în parte a scurtării pasului bobinei de explorare (0,958). Se analizează și care sînt posibilitățile de corecție.

Examinarea materialului oscilografic i-a permis autorului să semnaleze unele particularități ale cîmpului care sînt

netratate în literatură sau în orice caz insuficient analizate. Astfel autorul arată formele specifice ale cîmpului de comandă în regiunea semiaxelor longitudinale, inegalitatea lărgimii şi amplitudinea buclelor cîmpului transversal, inversări de sens ale cîmpului polilor auxiliari şi altele arătate în text. Se analizează şi unele aspecte ale spirelor în comutaţie.

Un rezultat pozitiv de importanţă mai deosebită, care a reieşit din lucrare, este comportarea amplidinei la cîmpuri slabe. Se arată în lucrare că apare o scădere apreciabilă a amplificării, rotirea cîmpului în sarcină, modul caracteristic de variaţie al inducţiei în diferite cadrane, precum şi altele, care caracterizează un mod de funcţionare al amplidinei încă nesemnalat în literatură.

Cele analizate de autor la această funcţionare a amplidinei poate servi ca bază pentru stabilirea funcţiei de transfer a amplidinei la excitaţii mici sau poate servi ca bază la unele modificări constructive.

Printre problemele care pot constitui puncte de plecare pentru studii noi pot fi amintite : perfecţionarea şi generalizarea principiului calculului magnetic al etajului de ieşire al amplidinei, particularităţile de eliminare a deficienţelor amplidinei în zona de funcţionare la excitaţii mici şi altele.

De remarcat că amplidina îşi păstrează şi azi actualitatea bineînţeles ceva mai puţin ca acum 10—15 ani. Caracterul de bază cu care amplidina este şi azi încă superioară altor procedee de amplificare este reversibilitatea ei, care o face de neînlocuit în anumite cazuri. Din acest motiv lucrarea de disertaţie a tov. ing. Sofan Eugen are importanţă şi aduce o contribuţie la cunoaşterea mai bună a fenomenului din această maşină electrică complicată.

Lucrarea a fost expusă public în ziua de 16.II.1962 şi a fost urmată de o serie de întrebări şi discuţii.

Astfel de pildă s-a remarcat că poate era mai util ca în loc să se ia două legături de la lamele de colector, punînd în permanenţă bobine de explorare în legătură cu întreg bobinajul indus, să se pună sub pene o spiră ale cărei capete să se aducă la cele două inele, separînd complet bobina de explorat de bobinajul indus. Autorul a arătat că acest lucru nu s-a putut face din motive obiective şi a arătat în plus că erorile care se fac prin metoda adoptată în lucrare sînt foarte mici şi sînt în orice caz calculabile, putînd fi eliminate la nevoie.

Analizarea şi descrierea fenomenelor necunoscute azi în mod suficient precum şi explicaţiile autorului formează partea originală a lucrării.

Autorul în mod suplimentar aduce o contribuţie interesantă prin elaborarea şi aplicarea unei noi metode de calcul al circuitului magnetic al maşinilor electrice.

De subliniat că această metodă este laborioasă, însă nu este exclus ca în anumite cazuri să se obţină unele rezultate mai exacte în cazurile unor cîmpuri mai complicate. În cadrul tezei această metodă este aplicată la calculul magnetic al etajului de ieşire, aşa cum am mai amintit. Metoda nu dă rezultate exacte în zona de comutaţie. De asemenea, autorul nu ţine seama de unele cîmpuri de scăpări, precum şi de fenomenele de histereză, care după cum se ştie la amplidină joacă un rol destul de important. Aceste lipsuri însă nu afectează valoarea lucrării. Ele nu fac altceva decît să dea un imbold altor cercetători ca să completeze în viitor această lucrare.

Tratarea lucrării poate fi considerată bună şi corectă. Lucrarea este bine sistematizată.

Ca o critică i s-a adus autorului faptul că stilul întrebuinţat este greoi şi uneori ceva mai greu de înţeles.

Nivelul lucrării este superior. Figurile şi oscilogramele sînt foarte bune.

Lucrarea de disertaţie a dovedit că tov .ing. Sofan Eugen posedă aptitudinile necesare unui cercetător ştiinţific.

Ing. V. BUNEA

SCURTE ŞTIRI DIN STRĂINĂTATE

La uzinele de maşini electrice din Leningrad se fabrică noile motoare electrice de tip „DRV" care se caracterizează printr-o turaţie ridicată şi capacitatea de a lucra în condiţii termice grele la temperaturi limite de — 60° pînă la + 50°C. Motoarele se fabrică pentru puteri de la 0,5 pînă la 500 W.

(Din „Technicke Noviny" 27.III.1962)

M.G.

O firmă americană a elaborat o maşină electronică de calcul miniaturizată care nu depăşeşte mărimea unei pîini. Această maşină poate efectua 33 000 operaţii de calcul pe minut şi este compusă din 5 500 piese. Greutatea ei este de 5,5 kg. Această maşină de calcul a fost concepută pentru a fi folosită la navele cosmice, avioane, vapoare etc. Dimensiunile ei sînt 7,6 × 15,2 × 28 cm.

(Din „Industriekurier" 25.IV.1962)

M. G.

Constructorii din Moscova au realizat un nou şi original televizor portativ „Moskva" care cîntăreşte numai 10,5 kg. Noul tip de televizor funcţionează perfect la un cantonament pe cîmp, în pădure, într-un autoturism care merge pe o şosea sau chiar într-o aşezare îndepărtată, încă neelectrificată.

Televizorul de dimensiunile 330 × 200 × 340 mm recepţionează în bune condiţii emisiunile de televiziune pe oricare din cele 12 canale. Aparatul este prevăzut cu o antenă telescopică mobilă. La fabricarea televizorului au fost folosite piese de radio foarte mici, ca şi subansambluri şi blocuri miniaturale. Noul aparat prezintă şi marele avantaj că poate fi alimentat fie de la reţea, cu curent alternativ de 110, 127 sau 220 V, fie de la elemente galvanice uscate sau un acumulator de 12 V, amplasate în interiorul televizorului.

(După „Trud" 31.III.1962)

M. G.

Oamenii de ştiinţă şi inginerii sovietici au elaborat un proiect original de folosire a valurilor mării ca sursă de energie electrică. Inginerul Sidonenko de la Institutul „Ghiprovostokneft" a propus construirea unei hidrocentrale acţionate de valuri în Marea Caspică, în apropierea oraşului Derbent. Un alt proiect se bazează pe folosirea proprietăţilor titanitului de bariu, în care, sub acţiunea loviturilor, se produce curent electric. Scuturi construite dintr-un asemenea material şi supuse acţiunii valurilor mării vor da curent electric.

(După „Trud" 31.III.1962)

M. G.

Inginerii şi tehnicienii centrului de televiziune de la Ostankino au elaborat proiectul pentru a doua parte a centrului de televiziune din Moscova care se va construi la Ostankino.

Noul telecentru va avea 13 studiouri de emisiuni, 6 studiouri de filmări, o clădire a biroului de proiectări şi un institut de cercetări. La Ostankino se va construi cel mai înalt turn de televiziune din lume, de 500 m.

Telecentrul de la Ostankino, împreună cu cel în funcţiune de la Sabolovka, va transmite 5 programe de televiziune pentru Moscova, precum şi pentru alte oraşe din U.R.S.S. şi de peste hotarele ei.

(După „Agerpress" 18.IV.1962)

M. G.

În 1954, după instaurarea păcii în Republica Democrată Vietnam, existau doar trei centrale electrice — la Hanoi, Haifon, şi Hon-Ghai dar şi acestea cu instalaţii foarte uzate şi a căror putere însuma doar 30 000 kW. Cu ajutorul Uniunii Sovietice şi al altor ţări socialiste, în Republica Democrată Vietnam au fost construite o serie de centrale electrice noi în diferite localităţi, au fost lărgite şi modernizate centralele vechi, iar în diferite regiuni ale republicii au fost instalate noi linii electrice. Încă în anul 1960 puterea instalată s-a ridicat la 100 000 kW iar producţia de energie electrică a fost de 256 milioane kW — de cinci ori mai mare decît în anul 1954. În anul 1961 au fost construite alte centrale electrice cu o putere de 30—120 mii kW.

(După „Agerpress" 9.V.1962)

M. G

În Uniunea Sovietică există în prezent peste 100 de centre de televiziune, care deservesc un teritoriu cu o populaţie de peste 80 milioane de locuitori. Emisiunile centrelor de televiziune se fac în 32 de limbi. În anul 1965, Moscova va putea face schimb de programe de televiziune cu toate capitalele republicilor unionale, cît şi cu multe alte oraşe mari.

În anul 1980, emisiunile telecentrului din Moscova vor putea fi vizionate de toţi locuitorii Uniunii Sovietice, al cărei teritoriu ocupă o suprafaţă de 22,4 milioane km².

(După „Agerpress" 16.V.1962)

M. G.

Turkmenia produce în prezent zilnic tot atîta energie electrică, cît producea într-un an înainte de revoluţie.

În marile centre industriale ale republicii au fost create sisteme energetice unice, care alimentează cu energie electrică întreprinderile industriale, minele, exploatările petrolifere, precum şi colhozurile şi sovhozurile. Liniile reţelei electrice au ajuns pînă în deşertul Kara-Kum, unde pe pămînturile irigate au luat fiinţă noi colhozuri şi sovhozuri.

În primele zile ale anului 1962 a fost dată în exploatare noua linie de înaltă tensiune Bezmein—Gheok—Tepe, lungă de 22 km. În curînd se va termina construirea substaţiei de forţă de la Baharden.

Din an în an creşte în Turkmenia producţia de energie electrică pe cap de locuitor. De remarcat faptul că, încă din anul 1956, în domeniul energiei electrice, Turkmenia a întrecut Turcia de cinci ori, Iranul de şapte ori, iar Pakistanul de peste 30 ori.

Energetica Turkmeniei se dezvoltă în strînsă legătură cu dezvoltarea energeticii republicilor sovietice vecine. Turkmenia va primi încă în acest an energie electrică de la centrala raională de stat Tahia Tas din Uzbekistan.

În cursul septenalului, reţeaua energetică a Turkmeniei va fi conectată la sistemul energetic al Asiei Centrale care grupează marile centrale electrice din Kazahstanul de sud, Uzbekistan, Tadjikistan şi Kirghizia. Acestea vor forma în viitorul apropiat centura sudică a puternicului sistem energetic al Uniunii Sovietice.

(După „Agerpress" 9.VI.1962)

M. G.

Cu ajutorul unui mecanic electronic la metroul din Moscova a fost transportat primul milion de călători.

Pe magistrala în centură a căii ferate subterane din Moscova circulă un expres albastru, dezvoltînd o viteză de 70 km pe oră. Trenul se opreşte în staţii, fără a perturba nici cu o secundă graficul circulaţiei. Totul decurge absolut normal. Călătorii nici nu bănuiesc că scaunul mecanicului este gol, că expresul este condus de o instalaţie electronică — un mic dulap metalic cu aparatura montată în vagonul din capătul trenului. În automat au fost introduse date cu privire la profilul căii, la viteză, la staţiile de oprire.

În curînd, toate trenurile metroului din Moscova vor fi utilate cu mecanici electronici.

(După „TASS" 9.VI.1962)

M. G.

REFERATE

621.313 *Maşini electrice*

CZ 534.837 : 621.313

Rentzsch, H. **Zgomotele aerodinamice în maşinile electrice** (Luftströmungsgeräusche in elektrischen Maschinen). În: ETZ-A, **82**, 1961, 24, nov., p. 792—798, 14 fig, 14 ref.

Zgomotele aerodinamice apar în maşinile electrice ca zgomote cu spectru de bandă largă în urma formării inevitabile a sunetelor de sirenă pe părţile în rotaţie ale rotorului. Se cunoaşte amănunţit producerea şi variaţia lor cu turaţia, cu dimensiunile şi cu alţi parametri. Cînd se impune respectarea anumitor limite ale zgomotului, aceste condiţii pot determina felul ventilaţiei maşinii. Zgomotele cu spectre de bandă îngustă se pot produce ca sunete de sirenă din cauza lovirii curentului de aer de răcire pe obstacole fixe la părăsirea roţii ventilatorului sau ca fluierături în canalele de ventilaţie ale statorului. La maşinile deschise zgomotul aerodinamic se transmite aproape integral spre exterior sub formă de zgomot aerian. Se poate elimina zgomotul introducînd maşina într-o incintă fonoizolantă, capsulînd-o. La motoarele cu ventilaţie exterioară se prevede un amortizor acustic în formă de labirint. Din cauza pericolului formării sunetelor de sirenă pe dispozitivele de ghidare prevăzute, nici pînă azi nu s-a introdus utilizarea ventilatoarelor tangenţiale sau centripetale în maşinile electrice.

A. S.

CZ 621.375.4

Zdrok, A. G. **Alegerea regimurilor optime de funcţionare a tranzistoarelor în zona de saturaţie.** În: Vestnik Elektropromîşlennost, nr. 12, dec. 1961, p. 40—44, 7 scheme.

Tranzistoarele se utilizează în schemele de reglare a tensiunii generatoarelor funcţionînd în special în regimul de comutaţie pentru ca să se reducă la maximum puterea dispersată de acestea. Acest regim este caracterizat prin comutarea automată a triodei din zona de saturaţie în cea de întrerupere. În funcţie de condiţiile cerute instalaţiilor şi aparatelor conectate în circuitul de intrare şi ieşire a triodei, ea trebuie să asigure anumite condiţii de funcţionare pentru acestea. Studiile arată că zona de saturaţie a tranzistoarelor este largă şi diferită prin rezultatele obţinute încît se pot obţine puteri minime de dispersare în circuitul de intrare şi ieşire etc. Procedeele de obţinere a tuturor acestor regimuri de funcţionare a tranzistoarelor se şi studiază în articolul de faţă.

C. S.

CZ 534.837 : 621.313.13-181.4

Richter, A. **Probleme de zgomot la construcţia aparatelor cu micromotoare** (Lärmprobleme beim Gerätebau mit Kleinstmotoren). În: ETZ-A, **82**, 24, nov, 1961, p. 799—802, 11 fig., 7 ref. bibl.

Micromotoarele nu pot fi considerate izolat, ci împreună cu aparatele antrenate ele constituie unităţi generatoare de zgomot, care trebuie cercetate în ansamblu. Motoarele mai mici radiază mai puţin sunetul aerian decît motoarele mari. Sursele acustice sînt constituite de elementele de mare suprafaţă ale aparatului, cărora vibraţiile le sînt transmise ca sunet structural. Rezultatele numărului crestăturilor cunoscute de la motoarele trifazate sînt valabile şi pentru motoarele cu statoare cu două sau trei căi de bobinare. La motoarele cu poli ecranaţi printr-o formă corespunzătoare a întrefierului se poate micşora amplitudinea armonicelor dăunătoare. Saturaţia fierului produce armonica a treia a curentului. La micromotoare sînt importante momentele de pendulare cu frecvenţă dublă ca a reţelei, care rezultă din compunerea cîmpurilor din stator cu cele din rotor. Pentru suprimarea lor trebuie suprimat cîmpul invers. Motoarele trebuie să fie bine centrate, evitîndu-se excentricitatea dinamică a rotorului. În fabricaţia micromotoarelor, toleranţele mecanice sînt foarte importante. Rezonanţele elementelor de cuplaj trebuie să fie în domeniul supracritic faţă de frecvenţele excitatoare. Elementele de cuplare trebuie să aibă rezonanţă proprie joasă şi amortizare mică, pentru a mări efectul de izolare. Se practică şi capsularea motoarelor într-o carcasă fonică.

A. S.

CZ 534.837 : 621.313.333.2

Jordan, H., Müller—Tomfelde, H. **Efectul acustic al înclinării la motoarele asincrone trifazate cu rotoare în colivie** (Akustische Wirkung der Schrägung bei Drehstrom-Asynchronmaschinen mit Köfigläufern). În : ETZ—A **82**, 24, nov., 1961, p. 788—792, 7 fig., 2 tab. 4 ref.

Se arată că împotriva părerii de pînă acum, înclinarea crestăturilor este un mijloc eficace pentru reducerea nivelului zgomotului mașinilor atît asincrone cît și sincrone. La mașini mici momentele de torsiune au o contribuție imperceptibilă la producerea zgomotului. Se poate deci, ca prin alegerea corespunzătoare a unghiului de înclinare, factorul de înclinare $f_{s\lambda}$ să fie făcut cît mai mic pentru vibrația radială acustic critică. În acest caz nivelul acustic trebuie redus cu factorul 20 lg $f_{s\lambda}$. La mașinile mari asincrone și sincrone momentele de torsiune pot lua valori considerabile, căci frecvențele proprii de torsiune se găsesc în apropierea frecvențelor de excitație. Întrucît pînă acum nu se cunoaștea acest fapt, la unele mașini executate cu ancoșe înclinate se constată parțial niveluri acustice mult mai ridicate decît la aceleași execuții fără înclinare. Diferit de mașinile mici factorul de torsiune $g_{s\lambda}$ se va face cît mai mic pentru a micșora momentele de torsiune producătoare de zgomot. Întrucît pentru unghiurile de înclinare peste 180° cînd scade $g_{s\lambda}$ factorul de înclinare $f_{s\lambda}$ se recomandă să se calculeze în acest caz cu o înclinare optimă, care pentru vibrațiile radiale acustic critice se află între 180° și 257°.

A. S.

CZ 621.313.044.64

Palestin, L. M. Lapsînov A. M.. **Mașini de curent continuu cu poli asimetrici.** În : Elektricestvo nr. 2, 1962, p. 48—51.

În articol se face o comparație a mașinilor electrice de curent continuu prevăzute cu poli simetrici cu excitație și poli asimetrici cu magneți permanenți precum și cu excitație electromagnetică, și se scoate în evidență utilitatea practică a mașinilor cu poli asimetrici. Din datele prezentate, rezultă că mașina cu magneți permanenți are următoarele avantaje :

a) Greutatea și dimensiunile de gabarit mai mici ca celelalte tipuri de mașini.

b) O putere mai mică de excitație decît mașina cu poli simetrici și o putere mai mică de 3,2 ori decît mașina cu excitație electromagnetică.

c) Se realizează autoexcitarea sigură a generatoarelor folosite drept surse autonome de alimentare întrucît tensiunea remanentă a mașinii cu poli asimetrici reprezintă 42% din valoarea nominală ceea ce este mai mult decît suficient pentru realizarea unei autoexcitații sigure.

d) Există posibilitatea asigurării unei funcționări stabile a excitatoarelor mașinilor de curent continuu la scăderea sensibilă a tensiunii de alimentare.

e) Întrucît se poate regla tensiunea respectiv turația în limite suficient de largi se mărește siguranța în exploatare prin înlăturarea ambalării mașinii la întreruperea accidentală a circuitului de excitație.

f) Nu se utilizează bobinaje de pornire și există posibilitatea înlăturării factorilor de demagnetizare prin utilizarea magneților permanenți cu energie magnetică specifică mare.

g) Nu sînt necesare dispozitive speciale pentru magnetizarea magneților permanenți, ci prin folosirea materialelor magnetice superioare se ajunge la reducerea în continuare a greutății și a dimensiunilor de gabarit ale mașinilor de curent continuu. Magneții permanenți la procese tranzitorii nu se demagnetizează.

Cercetările teoretice și experimentale descrise în articol arată că mașinile electrice de curent continuu cu poli asimetrici posedă caracteristici superioare din punct de vedere energetic ceea ce mărește gradul lor de utilizare.

C. A.

CZ 621.313.048.81 : 621.317.333

Froidevaux, I. **Controlul izolației statorice a marilor mașini rotative. În S.T.Z. Elveția, 58,** nr. 21—22, 25 mai, 1961, p. 445—451, 7 fig., 4 ref. bibl.

În scopul de a determina influența dispersiei calității izolației statorice se ridică curbele tg $\delta = f(U)$ pe eprubete de material izolant. Abaterea nu va depăși 0,002 kV. Restul este supus controlului de ionizare pentru determinarea pierderilor de energie prin descărcări electrice. Ele se măsoară la o tensiune alternativă crescătoare pînă la tensiunea nominală de fază a mașin i. Barele cu pierderile mai mari decît abaterile admise ale tg δ se supun din nou unui control, iar barele care depășesc toleranțele specifice acestei încercări sînt definitiv respinse. În exploatare îmbătrînirea izolației se măsoară prin măsurarea ionizării globale a mașinii și prin aplicarea tensiunii crescătoare pînă la dublul tensiunii compuse eficace. Se ridică curba rezistenței izolației funcție de tensiune ; forma curbei indică starea izolației.

C. S.

CZ 621.313.017.72 : 621.63

Polikovskii, V. I. și Sergheevskaia, T. G. **Caracteristicile de funcționare ale ventilatoarelor axiale în sistemul de răcire a mașinilor electrice de puteri mari.** În : Vestnik Elektropromîșlennost, nr. 12, dec., 1961, p. 26—32, 3 fig., 11 scheme.

Se studiază problema ventilației, a parametrilor constructivi ai ventilatoarelor axiale ale mașinilor electrice de puteri mari și deci pentru diametre mari ale bucșelor și intrefierurilor acestora. Autorul afirmă că, pe baza relațiilor deduse și parametrilor introduși în calcul, se poate face proiectarea ventilatoarelor axiale pentru mașini de puteri mari prin introducerea corecțiilor corespunzătoare în metodica existentă de calcul al ventilatoarelor pentru care influența acestor parametri nu se lua în considerație.

C. S.

CZ 621.313.017.21

Bates, I. I. **Extrapolarea curbelor de creștere a temperaturii.** În : Elect. Rev. Anglia, **168,** nr. 1, 5 mai, p. 775—779, 11 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.

Pentru a scurta timpul de determinare a temperaturii finale într-un regim staționar al mașinilor electrice rotative care este foarte mare din cauza constantei termice de timp, care și ea este foarte mare, în special la mașini capsulate sau cu răcire naturală, se folosește metoda de extrapolare a curbelor de încălzire. Această metodă însă prezintă dificultăți din cauza curburii prea mici a curbelor și deci a greutății de a efectua extrapolarea care depinde de variația curburii. Autorul prezintă o metodă care permite obținerea unei variații mari de curbură, prin faptul că ridicarea curbei se face în așa fel încît temperatura de regim staționar tinde să fie atinsă întîi formîndu-se de jos, iar apoi de sus.

C. S.

621.314 *Transformatoare*

CZ 621.314.2 : 621.315.615

Fedcenco, I. K. și Ierusalimov, M. E. **Controlul umezirii izolației la transformatoare** (Kontroli vlajenia izoliații transformatorov). În : Izv. vîsșih ucieb. zavedenii — Energetika nr. 8, aug. 1961, p. 14—21, 4 fig., 3 tab., 8 formule, 9 ref. bibl.

Determinarea gradului de umezeală a izolației transformatorului se face prin : măsurarea raportului rezistențelor, coeficientul de absorbție, raportul capacităților la 2 și 50 Hz, unghiul de pierderi, iar în ultimul timp se ia drept criteriu raportul capacității de absorbție față de capacitatea geometrică.

În lucrare autorul analizează pe bază de calcul influența umezelii la o izolație neuniformă și caracterul ei absorb ant

Pe baza calculelor se stabilesc rapoartele menţionate mai sus arătîndu-se variaţia lor cu umiditatea.

Se alege ca parametru caracteristic viteza de variaţie a curentului de absorbţie, care este o funcţie exponenţială de raportul între timpii de variaţie faţă de constanta de timp a procesului. Constanta de timp a procesului depinde la rîndul său de parametrii constructivi şi de umiditatea izolaţiei.

Pentru verificarea posibilităţii de control a umidităţii izolaţiei transformatorului după valoarea coeficientului de absorbţie au fost efectuate măsurători pe modele şi pe transformatoare cu umeziri diferite a izolaţiei.

În lucrare se dau rezultatele experimentale de determinare a coeficientului de absorbţie comparat cu ceilalţi parametri caracteristici amintiţi.

Pe baza rezultatelor obţinute autorul ajunge la concluzii preţioase :

coeficientul real de absorbţie indică starea de umiditate internă şi nu depinde de umiditatea superficială ; măsurînd şi raportul rezistenţelor R_{60} şi R_{15} se poate diferenţia natura umezelii (superficială sau internă). Rezultă de asemenea necesitatea măsurării parametrilor indicaţi la toate transformatoarele din sistem cu ajutorul aparaturii puse la punct de autori.

P. B.

CZ 621.314.2

Fişler I. **Transformatoare de 110 kV de putere redusă.** În : Vestnik Elektropromîşlennost, nr. 12, dec. 1961, p. 11—13, 2 fig., 2 scheme.

Se discută problema construcţiei acestor transformatoare arătîndu-se că reducerea puterii transformatoarelor nu este proporţională cu costul materialelor şi cu costul pierderilor şi că puterea scade mai repede decît ultimele. Aceasta înseamnă că preţul raportat la 1 kVA creşte. Mai mult, există o limită la care scăderea puterii devine neraţională. Această putere minimă este diferită pentru unele soluţii constructive. Pentru transformatoarele de 110 kV, puterea minimă este determinată de construcţia înfăşurărilor de înaltă tensiune. Aceasta constituie baza de discuţie a problemei de construcţie a unor astfel de transformatoare. Autorul conchide insistînd asupra perfecţionării constructive şi a tehnologiei transformatoarelor proiectate cu putere de 3 200 şi 2 500 kVA în scopul reducerii costului lor, aceasta constituind o problemă de actualitate.

C. S.

CZ 621.314.2.062.9

Smith, T. Smith, W., **Transformator stea/stea fără înfăşurare terţiară în triunghi** (Star Star Transformers without delta tertiary). În : Electr. Rev., **169**, nr. 3, iulie, p. 1961, 81—84.

În articol se descrie experienţa obţinută în exploatare la folosirea transformatoarelor trifazate cu trei coloane şi se precizează că în multe cazuri în care se cere o conexiune stea/stea nu este necesară o înfăşurare terţiară în triunghi. Aceasta permite realizarea unei construcţii mai robuste şi înlesneşte reducerea investiţiilor cu circa 30%.

După ce se arată că la transformatorul stea/stea cu raportul de transformare 35/11 kV se foloseşte o a treia înfăşurare în triunghi se subliniază că motivele pentru prevederea acestei înfăşurări sînt : micşorarea impedanţei de secvenţă homopolară şi reducerea sau eliminarea din tensiunea de ieşire a armonicii de ordinul trei. Autorii precizează că înfăşurarea terţiară în triunghi sporeşte cu circa 10% costul transformatorului fără a lua în consideraţie şi aparatura de comutare a prizelor. Experienţa folosirii în Europa şi S.U.A. a unor transformatoare stea/stea fără înfăşurare terţiară în triunghi nu a dus la vreun inconvenient în exploatare. În articol se examinează transformatoare avînd miezul cu trei coloane şi puteri pînă la 20 MVA. Pentru diverse tipuri de transformatoare din gama puterilor indicate se dau valorile de variaţie a reactanţei homopolare în cazul prevederii şi în cazul cînd lipseşte bobinajul terţiar. Totodată se descriu experienţele efectuate de autori şi datele culese care pledează în eliminarea din construcţia transformatoarelor stea/stea a bobinajului terţiar în triunghi. În adoptarea şi extinderea construcţiei unor asemenea tipuri de transformatoare se obţin o serie de economii în exploatare de circa 10%, se renunţă la transformatorul de curent şi releul de protecţie pentru bobinajul în triunghi, ceea ce conţine o reducere în plus la investiţii.

C. A.

CZ 621.314.2.004.4

Boduroghi, T. **Mărirea vieţii şi încălzirii transformatoarelor mari în ulei** (Erhöhung der Lebensdauer und Belastbarkeit grösserer Oeltransformatoren). În : ETZ—B **13**, nr. 16, aug., 1961, p. 430—431, 1 fig., 8 ref. bibl.

Autorul îşi propune să trateze în mod principial o metodă de mărire a vieţii transformatoarelor mari. S-a constatat că majoritatea transformatoarelor sînt scoase din circulaţie din cauza deteriorării izolaţiei. În transformatoarele cu circulaţie naturală, temperatura este maximă în bobinele superioare. Izolaţia la o supraîncălzire cu numai 8° îşi micşorează viaţa la 50% din cea normală (la temperatura maximă admisă). Prin repartizarea conductoarelor de cupru cu secţiune mai mare în partea de sus şi mai mică în partea de jos, se poate obţine o uniformizare a temperaturii. Se face o economie de cupru însemnată şi viaţa transformatorului se măreşte considerabil.

K. G.

621.315.6 *Izolanţi*

CZ 621.315.614.65.04

John H. - Dresden. **Comportarea preşpanului în amestecuri F12 cu ulei de maşină rezistent la frig** (Ueber das Verhalten von Presspan in Kältemittel F12 — Kältemaschinenöl—Gemischen). În : Elektrie **14**, nr. 7, iulie 1961, p. 232—236, 7 fig., 5 tabele.

Este vorba de o comunicare a laboratorului din întreprinderea Sachsenwerk—Dresden. Autorul arată că la maşinile frigorifice, electromotorul este închis împreună cu compresorul într-o carcasă comună, fiind expus astfel influenţei unui amestec de F12 (difluordiclormetan) şi de ulei de maşini frigorifice. Sub influenţa de mai sus, materialele izolante din aceste motoare prezintă — în funcţie de compoziţia lor chimică — următoarele defecţiuni :

a) variaţia însuşirilor mecanice şi electrice pînă la completa distrugere prin dizolvare, umflare, înmuiere etc. ;

b) solubilitate parţială, care să nu meargă pînă la scoaterea din serviciu.

În privinţa preşpanului, care formează izolaţia şunturilor din colectoarele motoarelor, se menţionează că la compresoarele frigorifice se utilizează un material superior. Impurităţile care ar conduce la îmbătrînirea timpurie a uleiului şi la disocierea lui F12 sînt căutate după metode clasice constînd în principiu din supunerea materialului izolant timp de 14 zile, influenţei amestecului într-un tub de sticlă. În trei tabele diferite sînt redate pentru două categorii de preşpan temperaturile (— 21 ... —36°C), la care se tulbură uleiul tratat în prealabil în tuburile de mai sus respectiv procentele de extracte din preşpan, datorită lui F12. În patru diagrame sînt redate apoi variaţiile de culoare (prin îmbătrînire) ale uleiului datorită disocierii lui F12 şi a dizolvării impurităţilor din preşpan.

Pentru evitarea deranjamentelor în exploatare provenite din substanţele solubile în amestecul F12-ulei, s-a procedat în primul rînd la o extragere în prealabil a acestor substanţe, adică înainte de montarea motoarelor în maşini. Şi cum F12 este relativ scump, această extracţie s-a realizat cu alţi solvenţi : benzină, tricloretilenă etc. O tabelă ne dă rezultatele acestor procedee în funcţie de timpul reacţiei.

Articolul se încheie cu cercetări privind îmbătrînirea termică a preşpanului redîndu-se în diferite diagrame variaţiile structurii, ale rezistenţei mecanice etc. în funcţie de temperatură şi de mediul (aer, F12-ulei) în care fusese expus preşpanul.

Gh. C.

CZ 621.3.048 : 621.315.616.9

Pascoe, W. R. **Izolaţii electrice din material plastic** (Plastic coantings for electrical insulation). În : Electr. Engng. **80**, nr. 5, 1961, p. 360—363, 5 fig., 3 tab.

Noua tehnică a sinterizării în vîrtej dă posibilitate unei combinări a avantajelor materialelor plastice cu acelea ale metalelor şi aceasta indiferent de forma piesei care urmează să fie izolată. Piesa preîncălzită şi bine curăţată se afundă într-o baie conţinînd un vîrtej din praful izolant şi — în funcţie de timp, temperatură şi de capacitatea calorică a piesei de izolat — aceasta se acoperă cu un strat izolant de grosime uniformă. Materialele plastice utilizate în general sînt pe bază de : celuloză, vinil, epoxid, poliamid, polietilenă şi polieter clorat, primele trei fiind mai des întrebuinţate în industria electrotehnică.

Aceste straturi au însuşiri izolante avantajoase şi anume o rezistenţă de străpungere de 4 kV/mm la grosimi de 4—5 mm. În funcţie de compoziţia lor chimică, aceste materii izolante sînt rezistente faţă de influenţe chimice, intemperii, căldură şi uzură mecanică. Tot prin variaţia componenţilor chimici pot fi influenţate şi adeziunea şi flexibilitatea lor. În trei tabele sînt indicate diferitele faze tehnologice ale fabricaţiei unor astfel de materiale.

Procedeul sinterizării în vîrtej, prin faptul că are o durată foarte scurtă de numai cîteva minute, permite realizarea de economii în fabricaţie, îmbunătăţindu-se în acelaşi timp calitatea, deoarece straturile izolante sînt uniforme, privind structura şi grosimea.

Gh. C.

621.316 ***Reţele de distribuţie***

CZ 621.316.17.014.3

Fehling, H., Küster, O. **Controlul scurtcircuitelor în instalaţii de joasă tensiune** (Beherrchung von Kurzschlüssen in Niederspannungsanlagen). În : ETZ—B, **13**, nr. 20, 1961, p. 541—547, 15 fig., 9 ref. bibl.

Scurtcircuitele pot căpăta la puterile instalate azi valori foarte mari. De aceea pentru inginerul proiectant este foarte important să cunoască controlul scurtcircuitului. Autorii îşi propun să analizeze, în mod sumar, fenomenul fizic şi influenţele sale asupra aparatelor de distribuţie a reţelei. Ei analizează folosirea întreruptorului de putere în diferite cazuri (pentru protecţia reţelei, motorului etc.). În funcţie de locul lor în reţea, diferă şi elementele de protecţie (releul termic, electromagnetic şi de tensiune nulă).

Siguranţa de putere joasă cu mare putere de rupere poate fi folosită cu succes în serie de întreruptor. Întreruptorul opreşte numai curenţi oarecum limitaţi, iar curenţii mari de scurtcircuit sînt opriţi şi rupţi de siguranţe cu mare putere de rupere.

În articol se arată avantajele acestor scheme. În încheiere, autorii arată importanţa întreruptoarelor şi siguranţelor cu întîrziere. Acestea fac să se întrerupă circuitul numai în apropierea locului defectului, fără a perturba restul reţelei. Articolul conţine diagrame care caracterizează variaţia în timp a curentului de scurtcircuit funcţie de diferiţi parametri.

K.G.

621.319.4 ***Condensatoare***

CZ 621.319.4 : 621.314.63

Smirnov, S. M. **Încărcarea condensatorului prin redresor de la reţeaua de curent alternativ.** În : Electricestvo, **81**, nr. 10, p. 60—64, 7 fig., 25 formule, 7 ref. bibl.

Aparatura de automatizare conţine mai totdeauna un sistem de redresare pentru alimentarea circuitelor cu tensiune continuă.

În lucrare, autorul face o trecere în revistă a metodelor de aproximaţie sau de calcul al procesului de încărcare a condensatorului prin redresor direct de la reţeaua de curent alternativ. Autorul în stabilirea relaţiilor pleacă de la considerarea tensiunii sinusoidale şi examinează cazul încărcării unui condensator pur sau al unei sarcini complexe formată din condensator în paralel cu o rezistenţă. La fiecare caz în parte se descrie procesul fizic de încărcare pentru cazul redresorului monoalternanţă şi se insistă asupra creşterii tensiunii pe condensator pe o semiperioadă oarecare. În a doua fază se consideră că timpul semiperioadei analizate şi tensiunea pe condensator sînt egale cu media valorilor de la începutul şi sfîrşitul conducţiei redresorului.

Din relaţiile stabilite rezultă timpul de încărcare al condensatorului pînă la o mărime dată a tensiunii, care mai uşor se trasează pe bază de calcule. Din compararea timpului de încărcare a unui condensator prin redresor cu timpul de încărcare de la o baterie de curent continuu rezultă că primul este de patru ori mai mare decît al doilea. Datele experimentale obţinute se suprapun peste cele obţinute din calcul cu suficientă aproximaţie.

P. B.

CRONICĂ

Din realizările industriei electrotehnice a Republicii Populare Ungare

Folosirea diodelor cu germaniu la construcţia maşinilor de sudură cu curent continuu

Una din noutăţile cele mai importante ale industriei electrotehnice este aplicarea elementelor semiconductoare de redresare. Prin construcţia lor simplă, prin dimensiunile lor reduse şi prin calităţile lor excepţionale, diodele semiconductoare s-au răspîndit foarte repede în industria curenţilor slabi. Diodele cu germaniu de putere mare cuceresc astăzi în domeniul industriei curenţilor tari un teritoriu din ce în ce mai mare şi sînt aplicate la instalaţiile de redresare.

Fabricarea elementelor moderne semiconductoare a devenit posibilă prin aplicarea la nivel înalt a cercetărilor ştiinţifice şi a ansamblului fizicii aplicate ; ca rezultat al acestei colaborări, industria maghiară de curenţi tari fabrică astăzi în serie diode cu germaniu, de putere diferită. Diodele cu germaniu şi instalaţiile de redresare fabricate cu ajutorul acestei diode au o serie de avantaje faţă de instalaţiile precedente. Astfel, volumul lor specific este redus : a devenit posibilă exploatarea lor imediată, durata lor de viaţă este foarte lungă, îmbătrînirea lor este foarte redusă sau nu este măsurabilă, cheltuielile de întreţinere sînt minimale.

De exemplu, la o tensiune continuă de 100 V, eficacitatea elementelor de seleniu este de 87—88% la aceeaşi tensiune, iar eficacitatea diodei cu germaniu este de 97—98%. Cea mai bună eficacitate se poate realiza cu redresoarele de germaniu pentru tensiunea continuă de aproximativ 200 V.

La fabrica de comutatoare „ANOD" (Anod Aramiranyitó Gyar) se fabrică următoarele diode de putere cu germaniu : pentru intensitate nominală de curent de 50 A şi o tensiune terminală de vîrf de 30—200 V ; pentru intensitate nominală de curent de 100 A şi o tensiune terminală de vîrf de 30—180 V ; pentru intensitate nominală de curent de 150 A şi o tensiune terminală de vîrf de 30—150 V ; pentru intensitatea nominală de curent de 200 A şi o tensiune terminală de vîrf de 30—150 V. Primele trei tipuri se fabrică cu răcire prin aer, iar tipul de

200 A se fabrică în execuţie cu răcire prin apă. Cu privire la dimensiunea redusă a diodelor sînt caracteristice următoarele date : la o diodă de 50 A diametrul este de 42 mm, înălţimea este de 70 mm, iar greutatea totală de numai 180 g şi are o putere medie de 1,5 kW. Prevăzută cu dispozitiv de răcire, poate fi exploatată permanent la o temperatură ambiantă de la — 20°C pînă la + 30°C.

În industria electrotehnică din R. P. Ungară s-au construit diferite maşini şi aparate la care se folosesc diode cu germaniu de fabricaţie maghiară. Printre acestea se numără şi maşina de sudură tip KH 200. Părţile principale ale acestei maşini sînt următoarele : transformatorul trifazat, sistemul pentru reglarea curentului şi unitatea de redresare cu şase diode de Ge de 100 A. Curentul de sudare poate fi reglat continuu de la 30 A pînă la 250 A. Tensiunea de arc este identică cu tensiunea standard de arc. Maşina (figura 1) poate fi mişcată

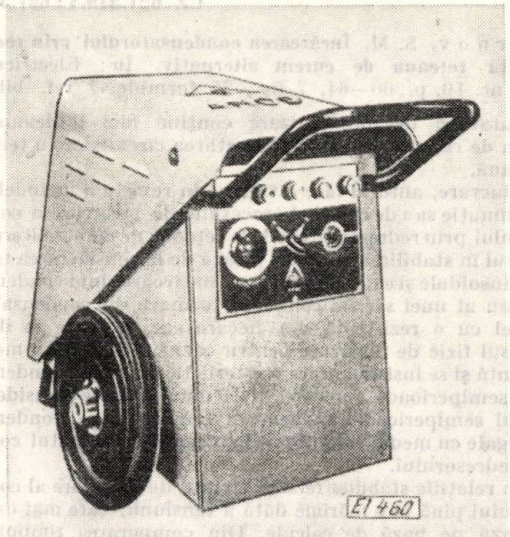


Fig. 1. Maşina de sudură KH 200.

foarte uşor cu ajutorul celor două roţi de 400 mm, avînd suprafaţa de rulare din cauciuc. Împotriva acţiunii agenţilor atmosferici şi a picăturilor de apă, maşina este apărată printr-o impregnare de calitate bună şi printr-un înveliş corespunzător.

Caracteristicile principale ale maşinii şi puterile de sudare sînt următoarele : curentul de sudură-30-250 A ; tensiunea de arc-22-30 C ; tensiunea de mers în gol — 55 A ; pierdere de mers în gol (cu dispozitivele auxiliare) — 350 W ; factorul de fază, cos φ — 0,5-0,75 ; factorul de putere — 0,7-0,8 ; gabarit — 670 × 920 × 1 050 mm.

Deoarece curentul de sudare poate fi reglat în mod continuu între 30 şi 250 A, maşina poate fi întrebuinţată atît la sudare cu electrozi subţiri, cît şi la sudare cu electrozi mai groşi (de maximum 5 mm). Datorită caracteristicilor favorabile ale maşinii, arcul este stabil, poate fi condus uşor şi este calm. Tensiunea de mers în gol şi tensiunea de arc corespund standardelor internaţionale.

Maşina de sudare poate fi întrebuinţată atît la sudare cu electrozi normali, cît şi la sudare cu electrozi cu înveliş bazic cu bioxid de titan. La întrebuinţarea acestor electrozi, pierderea survenită prin aspersiune este în total de cel mult 4—6%. Parametrii bine aleşi ai maşinii fac posibil ca la electrozii bazici — care sînt cunoscuţi ca electrozi ,,cu sudare rece'' — adîncimea de topire să fie aproape identică cu adîncimea de topire a electrozilor care au o adîncime de topire profundă. Această proprietate este foarte importantă mai ales la depunerea cusăturilor verticale.

La aplicarea electrozilor cu diametru mic în practică aspersiunea dispare, arcul este calm şi poate fi condus cu o lungime minimală. Această proprietate este importantă mai ales la sudarea tablei subţiri.

Maşinile de sudare de curent continuu fabricate cu diode semiconductoare din germaniu prezintă avantaje considerabile faţă de maşinile rotative de sudură şi faţă de transformatoarele de sudură. Exploatarea maşinii este mai ieftină decît cea a maşinilor tradiţionale de sudare, căci pierderea de mers în gol este în total de numai 350 W. În schimb la o maşină rotativă de sudare, consumul de putere la mers în gol este în general de 5 800 VA — aproximativ 2,5 — 3 kW. Acest fapt însemnează că în caz de exploatare anuală de 2 400 ore, socotind o durată de conectare de 50%, cu ajutorul maşinii de sudare tip KH 200 se poate realiza o economie de curent de aproximativ 1 200—3 600 kHz. Cheltuielile de întreţinere sînt minimale, căci în afară de ventilatorul de putere mică nu conţine alte piese mobile (rotative).

Maşina de sudură tip KH 200 se utilizează cu succes în construcţia de nave, de vagoane, de cazane, de poduri, de avioane, de automobile, de motociclete şi biciclete. În general, instalaţia de sudare poate fi aplicată cu rezultate excelente în toate uzinele.

GH. VASILACHE

Expoziţia industrială austriacă (12—21.VII.1962)

Cea de-a doua expoziţie austriacă organizată în Bucureşti s-a caracterizat printr-un conţinut pronunţat industrial şi totodată extrem de variat.

Cuprinzînd circa 66 de standuri şi un număr însemnat de exponate din sectoarele industriale, cu o gamă largă de produse, în cadrul expoziţiei au fost prezente un număr mare de firme austriace, reprezentate prin specialişti care au stat la dispoziţia publicului vizitator, dînd relaţii şi informaţii tehnice corespunzătoare cu privire la exponate.

Cele 97 de firme producătoare din Austria, care au participat în cadrul expoziţiei, s-au remarcat printr-o gamă variată de produse prezentate. Spre deosebire de prima expoziţie, cea organizată în acest an în pavilionul mare de expoziţii industriale din Parcul Herăstrău a cuprins un număr mult sporit de exponate, ca şi de întreprinderi participante.

Un număr de 17 întreprinderi comerciale au expus produse din domeniul industriei electrotehnice. Dintre acestea cel mai mult apreciate au fost aparatele de măsură ale întreprinderii ,,Norma'' care a expus o gamă largă de produse, printre care :

— aparat universal de control pentru curent alternativ clasă 0,2 ;
— wattmetru de precizie clasă 0,1 ;
— wattmetru de precizie clasă 0,2 ;
— măsurător universal pentru curent constant clasă 0,2 ;
— regulator de tensiune 100 ... 321 V ;
— teraohmetru 0,6 MΩ — 500 TΩ ;
— voltmetru de precizie cu cadru mobil, clasă 0,2 ;
— miliampermetru de precizie cu cadru mobil, clasă 0,2 ;
— microampermetru clasă 0,2 ;
— transitest ;
— normametru T, 30 cîmpuri de măsură 100 000 Ω/V ;
— normametru R_1, 0,08—60 000 Ω ;
— normametru F, 34 cîmpuri de măsură 25 000 Ω/V ;
— normametru S, 42 cîmpuri de măsură 3333/V ;
— normametru E, 48 cîmpuri de măsură 25 000 Ω/V ;
— fluxmetru cu indicator luminos ;
— microvoltmetru cu indicator luminos ;
— galvanometru cu indicator luminos ;
— aparat de măsurat rezistenţa solului ;
— măsurător de izolare 100—2 500 — 5 000 V ;
— măsurător de izolare 100—250—500—1 000 V ;
— termopotenţiometru ;
— aparat de înregistrare bicolor şi tricolor ;
— watt-varmetru registrator ;
— aparat de înregistrare de dimensiune mică ;
— indicator al circuitului final de bobinaj ;
— capacimetru ;
— ampermetru şi voltmetru universal registrator ;
— ampermetru-voltmetru — watt-varmetru registrator.

Au mai reţinut atenţia produsele ,,Elin-Union'' ce au constat din : instalaţii de înaltă frecvenţă, instalaţii şi automate de

sudură, comutatoare de joasă tensiune, motoare de curent alternativ şi motoare pentru macarale. Dintre acestea putem cita :

— instalaţia de călit de înaltă frecvenţă pentru călire, lipire şi recoacere ;
— transformator de sudură cu arc dirijat ;
— motor asincron trifazic cu rotor în scurtcircuit 18,5 kW, 380 V, 50 Hz ;
— motor asincron trifazic cu rotor în scurtcircuit 55 kW ;
— motor asincron trifazic cu rotor cu scurtcircuit 75 kW, 380 V, 50 Hz ;
— motor asincron trifazic cu rotor în scurtcircuit 37 kW ;
— motor asincron trifazic cu rotor în scurtcircuit 45 kW ;
— motor asincron trifazic cu rotor în scurtcircuit 25 kW ;
— motor asincron trifazic cu rotor în scurtcircuit 132 kW :
— motor asincron trifazic cu rotor în inele, 41 kW, 380 V, 50 Hz ;
— motor asincron trifazic cu protecţie contra exploziei 1,47 kW :
— motor asincron trifazic cu protecţie contra exploziei 2 kW :
— motor asincron trifazic cu protecţie contra exploziei 6,8 kW ;
— motor asincron trifazic cu protecţie contra exploziei, 10 kW ;
— motor de macara trifazic cu rotor în inele, 30 kW, 380 V, 50 Hz ;
— motor asincron trifazic cu motor de mînă (execuţie antigrizutoasă) 13,5 kW, 380 V, 50 Hz ;
— comutator de protecţie protejat contra exploziei 50 A, 380 V, 50 Hz ;
— transformator de mînă izolat cu silicon cu protecţie contra exploziei în execuţie protejată, 200 kVA ;
— automat de sudură cu arc dirijat W 3/No ;
— releu de semnalizare cu clapă RA3, 220 V, 50 Hz ;
— releu sensibil în timp RZf, 110 V, GS ;
— transformator de intensitate AHW, 10 kW ;
— transformator de tensiune VHW 20, 20/0,1 kV.

Au mai prezentat interes pentru inginerii şi tehnicienii din ramura electrotehnică exponatele prezentate de întreprinderile : Electroexport, Electronic, Austro-Electric, Siemens & Halske Ges.m.b.H., Radiofabrik Ingelen, Porzellanfabrik Frauenthal, Figer & Co., Standard Telephon und Telegraphen AG Czeija, Nissl & Co., Stoll P., Stromag, Maschinenfabrik Heid AG etc.

Dintre produsele acestor întreprinderi mai semnificative şi care au reţinut mai mult atenţia au fost :

— magnetofoanele STUZI ;
— aparate de radio cu tranzistoare HEA ;
— generatoare de verificare de înaltă tensiune ;
— aparate de verificare a uleiului de transformator ;
— aparate electronice de control pentru rulmenţi ;
— aparate de sudură pentru mase plastice ;
— rezistenţe, condensatoare de ceramică, potenţiometre, regulatoare de precizie, echilibroare, piese pentru radio şi televizoare ;
— cuplaje electromagnetice fără inel de fricţiune cu una sau mai multe suprafeţe ;
— cuplaje electromagnetice simple şi duble ;
— aparate cu ultrasunete impuls-ecou pentru verificarea materialelor ;
— aparate de măsurat tensiunea şi conductibilitatea, instalaţii industriale pentru tensiune şi conductibilitate ;
— centrale telefonice, aparate de translatare, aparate privind tehnica în studiourile de radio şi televiziune, cuptoare electrice pentru topit, instalaţii electroinductive de încălzire a cazanelor, aparate galvano-tehnice ;
— aparate comutatoare de joasă tensiune, relee redresoare de curent cu seleniu, instalaţii de semnalizare luminoasă ;
— centrale telefonice cu coordonate, magneţi de numărare, diverse părţi de construcţie a instalaţiei telefonice, instalaţii de dispecer, dirijor villaphon, instalaţii de derivare a tehnicii releelor şi coordonatelor ;
— lacuri speciale pentru industria electrotehnică ;
— contoare de curent electric şi ceasuri comutatoare, regulatoare de tensiune ;
— transformatoare de curent şi de tensiune.

În cadrul expoziţiei s-au mai prezentat şi alte sorturi de produse privind industria constructoare de maşini, industria textilă, industria sticlăriei, industria forestieră, industria alimentară, transporturi etc.

Exponatele prezentate în cadrul acestei expoziţii au marcat unele aspecte ale tehnicii noi şi realizări de seamă în diverse sectoare industriale.

Vizitatorii expoziţiei au apreciat înaltul nivel tehnic al variatelor produse expuse, iar specialiştii ingineri şi tehnicieni s-au interesat de performanţele realizate la diferite tipuri de maşini şi aparate.

M. GÎRZU

BREVETE R.P.R.

DESCRIEREA INVENȚIEI R.P.R. 41.468

Schema de conexiuni pentru transformatoare trifazate

Schemele de conexiuni pentru transformatoare trifazate de putere pentru rețele de distribuție de joasă tensiune, cunoscute și folosite în mod curent în practica industrială, prezintă o serie de dezavantaje, care sînt înlăturate de schema de conexiuni concepută de autori, la care circitul de joasă tensiune are o conexiune specială triunghi zig-zag.

La această schemă, concepută de autorii invenției: ing. *Ștefan Grosu*, ing. *Iancu Cojocaru* ing, *Dumitru Togui*, ing. *Călin Brînceni* de la uzinele „Electroputere" — Craiova și I. I. S. „Electrotehnica" — București, circuitul de înaltă tensiune poate fi conexiunea de stea, iar în circuitul de joasă tensiune se utilizează o conexiune rezultînd din asocierea unei conexiuni în triunghi cu o conexiune în zig-zag, avînd părți comune care pot fi realizate fie printr-o singură bobină pe fiecare fază, fie prin bobine separate.

În figură este reprezentată schema de conexiuni, avînd bobinajul primar conectat în stea (*1*) și bobinajul secundar în triunghi zig-zag (*2*) cu părțile comune realizate printr-o singură bobină pe fiecare fază.

Acest sistem de conexiune prezintă avantajul că în circuitul de înaltă tensiune se poate adopta o conexiune în stea, care conduce la tensiuni mai reduse pe fază și în consecință la un număr mai mic de spire de secțiune mai mare și de izolație mai redusă, iar în circuitul de joasă tensiune se poate realiza cu un spor redus de materiale o conexiune în triunghi, care suprimă armonica a treia, și o conexiune în zig-zag, care permite legarea firului neutru al rețelei de distribuție și repartizarea echilibrată în circuitul de înaltă tensiune a sarcinilor dezechilibrate din rețeaua de joasă tensiune.

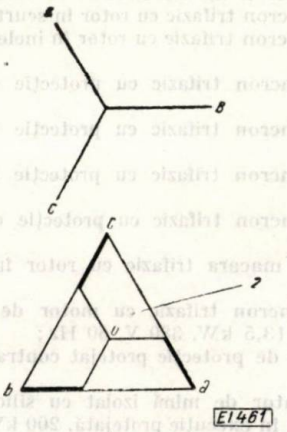


Fig. 1

M. V.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883 ORSZÁGOS

SOMMAIRE

CD 061.3 (100) CEI „1962"

Avramescu A., Răduleț R., Hortopan Gh. : **La XXVII-ème réunion générale du CEI.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 325–334

CD 621.316.21.017.7/8.015.3.

Avramescu A., Drăgan G., Adămuț I., Popa B. : **L'isolation des stations de haute tension par rapport aux normes nationales et les recommandations de la CEI et de certaines expèrimentations réalisées sur des isolateurs fabriqués en R.P.R.**

L'unification des normes concernant les définitions des diverses situations de fonctionnement des installations électriques, des valeurs des tensions nominales maximum, d'essai à l'impulsion et du niveau de protection, est une des préocupations de base de la CEI pour établir les niveaux d'isolement optimum des installations de haute tension.

Les auteurs présentent certaines contributions et propositions concernant ce problème, en les comparant aux normes d'autres pays, se basant sur les recherches dans le domaine de l'isolement et de l'étude dans le domaine de la protection par câbles des installations.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 335–347

CD 621.314.2.017.72.

Cîrstea D., Tenescu V. : **Recherches expérimentales concernant le refroidissement des transformateurs de puissance.**

Apres une incursion dans les plans généraux de refroidissement des transformateurs à huile, l'auteur montre quelles sont les tendances modernes des dernières années.

On expose plus loin les expérimentations faites aux usines „Electroputere" sur certains transformateurs du même genre mais équipés avec des systèmes différents de refroidissement.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 347–354

NOTE

CD 621.3.017.9

Saal C. : **Le calcul du rendement et des pertes.**

Electrotehnica *10* (1962), 9, 355–356

COMPTES-RENDUS, 356–357

NOUVELLES BREVES DE L'ETRANGER, 357–358

REFERES, 358–361

CHRONIQUE, 361–363

BREVETS R.P.R., 364

CONTENTS

DC 061.3 (100) CEI ,,1962''

Avramescu A., Rădulef R., Hortopan Gh. : **The XXVII-th General Meeting of the CEI — Comission.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 325 – 334

DC 621.316.21.027.7/8 : 015.3.

Avramescu A., Drăgan G., Adămuf I., Popa B. : **The insulation of high-tension stations in the light of our national standards, of the I.E.C. recommandations, and of several tests carried out en some Rumanian-made insulator.**

The unification of the standards concerning the definitions of several working situations of electric equipment, the value of the highest rated voltage, the impulse test and the protection level constitute one of the main concerns of the I.E.C. in establishing the optimum insulation level for high tension stations.

The authors present some contributions and suggestions relating to this problem, based on insulation researches and studies in the field of entrance cable protection of stations.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 335 – 347

DC 621.314.2.017.72.

Crislea D., Tenescu V. : **Some experimental researches concerning the cooling of power transformers.**

After briefly discussing the general cooling schemes of oil transformers, the authors describe the trends recorded in recent years.

A description is than given of different tests carried out at the ,,Electroputere'' works on transformers of similar type but equipped with different cooling systems.

Electrotehnica *10* (1962) 9, 347 – 354

NOTE

DC 621.3.017.8

Saal C. : **The calculus of efficiency and losses.**

Electrotehnica *10* (1962) 9, 355 – 356

BOOK-REVIEWS, 356 – 357

BRIEF EXTERNAL NEWS, 357 – 358

ABSTRACTS, 358 – 361

CHRONICLE, 361 – 363

R.P.R. PATENTS, 364

TITLURI DOCUMENTARE

621.313 MAȘINI ELECTRICE

CZ 621.313.33.001.24 : 681.14-523.3

Lehmann, S. : **Folosirea calculatoarelor numerice la calculul mașinilor asincrone** (Anwendung von Digitalrechnern zur Berechnung von asyncrhonmaschinen). Elektrotech. Zeit. Ausgabe A (E.T.Z.A.) **82**, 1961, 14 aug, 17, p.525—530, 8 fig., 6 ref. bib.

CZ 621.313.047.2 : 621.3.015.54

Truşkov A. M. : **Despre scinteierea colectoarelor mașinilor electrice**(K voprosu o prirode iskreniia elektriceskih maşin). IZV Viss ucebn Zavedenii Elektromehanika, **4**, 1961, 7, 84—86, 2 fig.

CZ 621.313.1.843.6 : 621-52

Hamilton R. D. : **Automatizarea agregatelor electrice echipate cu motoare Diesel** (Automating the Diesel electric utility). Diesel and Gas. Eng. Prog, **27**, 1961, iul., 7, 30—32, 4 fig.

CZ 621.313.13.024 : 621.316.718

Margrain, P. : **Variația vitezei motoarelor mici de curent continuu** (Variation de la vitesse des petits moteurs a courant continuu) În : Electricien, **74**, 1961, 15 iul, 139—146, 10 fig., 1 ref. bibl.

CZ 621.313.2 : 621.316.18.5

Davis R.M.: **Reglarea vitezei. Motor de curent continuu reglat prin redresor-invertor cu siliciu** (Speed control D.C. motor controlled by S. C. R. rectifier invertor). În : Electr. Rev., **169**, 5, 1961, 14 aug., 170—172, 6 fig.

CZ 621.313.534.837.08

Willams W. : **Măsurări acustice pentru aprecierea zgomotului în mașini** (Schall messungen zur Beurteilung des Geräusches von Maschinen). În: Elektrotechn. (ET.Z.A,) **82**, 1961, 20 nov., 24, 767—770, 8 fig, 8 ref. bibl.

CZ 621.313 : 534.837.08

Lübcke E. : **Dezvoltarea tehnicii de măsurare a zgomotelor mașinilor electrice în vederea combaterii lor** (Entwicklung der Geräuschmesstechnik zur Lärbekämpfung an elektrischen Maschinen). Elektrotechn (ET.Z.A.) **82**, 1961, 20 nov, 24, 761—766, 9 fig, 36 ref. bibl.

621.314.2 TRANSFORMATOARE

CZ 621.314.21 : 338.062.18

Schmidtke K. A. : **Determinarea factorului de calitate al transformatoarelor** (Ermittlung der Gütezeichen für Transformatoren). În : Elektric, **14**, 1961, iul, 7, 228—229, 1 fig.

CZ 621.314.21 : 669.717

Transformator realizat integral din aluminiu. (Tomorrow's transformer claim for all-aluminium unit). Electr. J. **161** 1961, 11 aug., 6, 332.

CZ 621.314.21 : 537.312.62

Un nou transformator cu supraconductibilitate (Novel transformer). În : Electr. J, **166**, 1961, 30 iun, 26, 1767—1768.

CZ 621.314.21.017.71

Langlois B. : **Stadiul actual al specificațiilor tehnice și al condițiilor de folosire a transformatoarelor din punct de vedere al încălzirii**. (Lo stato attuale della specificazione tecnica e delle condizioni di impiego dei transformatori dal punto di vista del riscaldamento). Elettrotecnica, **48**, 1961, iun, 6, 381—393, 4 fig., 10 tabl.

CZ 621.314.222.6

Smith T. și *Smith W.* : **Transformatoare stea/stea fără bobinaj terțiar în triunghi** (Star/star transformers without delta tertiary). În : Electr. Rev. **169**, 1961, 21 iul, 3, 81—84, 4 fig., 5 tabl.

621.314.6 REDRESOARE CU SEMICONDUCTOARE

CZ 621.314.63 : 621.341.9

Lehmann G. : **Protecția instalațiilor de redresoare cu semiconductoare** (Schutz von Halbleitergleichrichteranlagen). În : AEG Mitt, **51**, 1961 mai-iun, 5/6, 197—204, 7 fig, 2 tabl, 4 ref. bibl.

CZ 621.314.634

Klein O. **Redresoare moderne cu seleniu** (Moderne Selen-Gleichricher) Elektrotechn. Zeit. Ausgabe B (ET.Z.B) **13**, 1961, 13 dec., 25, 665—671, 10 fig, 5 tabl.

621.315.2 CABLURI

CZ 621.315.2

Hilgendorff, H. J. **Stadiul actual al tehnicii cablurilor de curenți tari de înaltă tensiune** (Gegenwärtiger Stand der Starkstrom- und Hochspannungs Kabeltechnik). Elektrizitäts Verwendung, **36**, 1961, iul, 7, 201—209, 9 fig.

CZ 621.315.2.022 : 621.317.333.4

Ascoli B. : **Localizarea defectelor în cablurile de curenți tari.** (La localizzazione dei guasti nei cavia porte corrente). În : Automaz e Strum, **9**, 1961, iun, 6, 276—281, 12 fig, 3 ref. bibl.

CZ 621.316.722.1

Schwarz K. K. : **Regulatoare de inducție pentru reglarea tensiunii.** (Induction regulators for voltage control). În : Elektr. Rev. **169**, 1961, 28 iul, 4, 123—138, 12 fig, 2 ref. bibl.

621.317 MĂSURĂTORI ELECTRICE

CZ 621.317.39 : 621.318.1 : 538.632.

Andreev V. S. ș.a. **Aplicarea efectului Hall la studiul proprietăților miezurilor de material feromagnetic.** (Ispolzovanie effekta Hall dlea issledovaniie svoistv serdicinikov iz ferromagnitnîh materialov). În : Izmerit. tehnika, 1961, iul, 7, 36—37, 2 fig, 6 ref. bibl.

CZ 621.317.738

Șafki N. M. **Aparat pentru măsurare impedanțelor** (Ustroistvo dlea izmereniia kompleksnîh soprotivlenii). În: Izv. vîss. ucebn Zavedenii. Elektromehanika, **4**, 1961, 7, 77—83, 1 fig, 3 ref. bibl.

621.318 APLICAȚIILE MAGNETISMULUI

CZ 621.318.1.

Lindgren, N. : **Progrese noi în domeniul materialelor magnetice** (Recent progress in magnetics). În : Electronics, **34**, 1961, 13 ian, 2, 81—85, 6 fig, 13 ref.

CZ 621.318.44 : 621—52

* * * **Mașină automată de bobinat** (Automatic machine for coil winding). În : Electr. J. **167**, 1961, 14 iul, 2, 88, 1 fig.

CZ 621.318.44 : 621.318.4.029.5

Mașină de bobinat de înaltă frecvență. (H. F. Coil winding machine). În : Electron. Engng, **33**, 1961, iul, 401, 441, 1 fig.

621.319.4 CONDENSATOARE

CZ 621.319.4 : 626.3.018.4

Medvedev S. R. : **Caracteristicile de supraîncărcare a condensatoarelor de forță cu hîrtie** (Peregruzocinîe haracteristiki silovîh bumajnîh kondensatorov). În : Vestnik Elektroprom, **32**, 1961, nov, 11, 42—45, 5 fig, 2 ref.

CZ 621.319.4 : 621.316.94

Stackegard, H. **Baterie de condensatoare cu filtru** (Batterie de condensateurs avec filtre). În : ASEA-Rev, **33**, 1961, **4**, 123—126, 3 fig.

CZ 621.319.4 027 : 3.621.3.064.2

Zajic, V. și *Panek J.* : **Deconectarea bateriei de condensatoare cu un întreruptor de înaltă tensiune** (Wytaczanie baterii kondensatoriow wytacznikami wyrokiego napiecia). Przeglad Elektrotechn. **37**, 1961, mai, 5, 193—198, 19 fig.

CZ 621.319.4-181.4

Smetana J. : **Miniaturizarea condensatoarelor pentru tensiuni înalte și puteri mari.** (Miniaturisaci kondensatoru pro vysoko napeti a velike vykony). În: Sdelovaci Tech, **9**, 1961, iul, 7, 256—258, 3 fig.

CZ 621.3.049.75

Gosling W. : **Executarea fără desene a circuitelor imprimate.** (Printed circuits made without drawings). În : Engineering, **192**, 1961, 11 aug, 4973, 180—181, 5 fig, 2 ref. bibl.

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase, de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultate obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările materiale vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, anul, numărul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vitoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

In scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumare pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei revistei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori, cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimentele politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articolele tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu sublinierea importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri de articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura regăsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba română şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

In acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşoare a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de originalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv şi care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Normele şi standardele constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificaţie zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

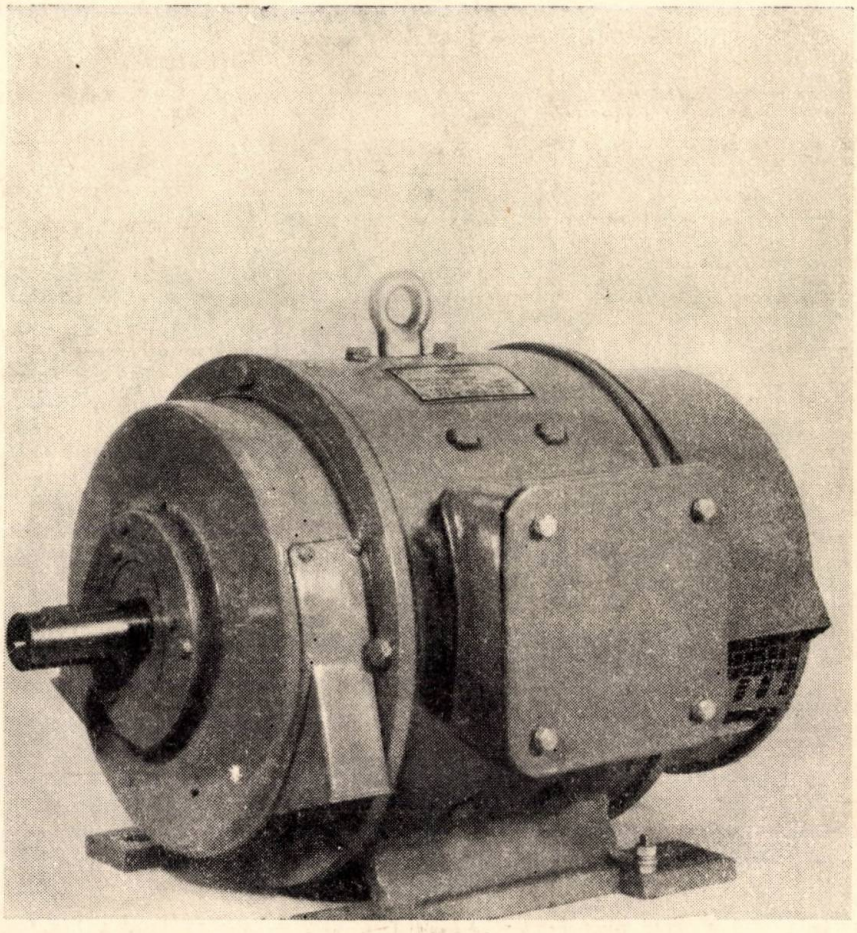
3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.

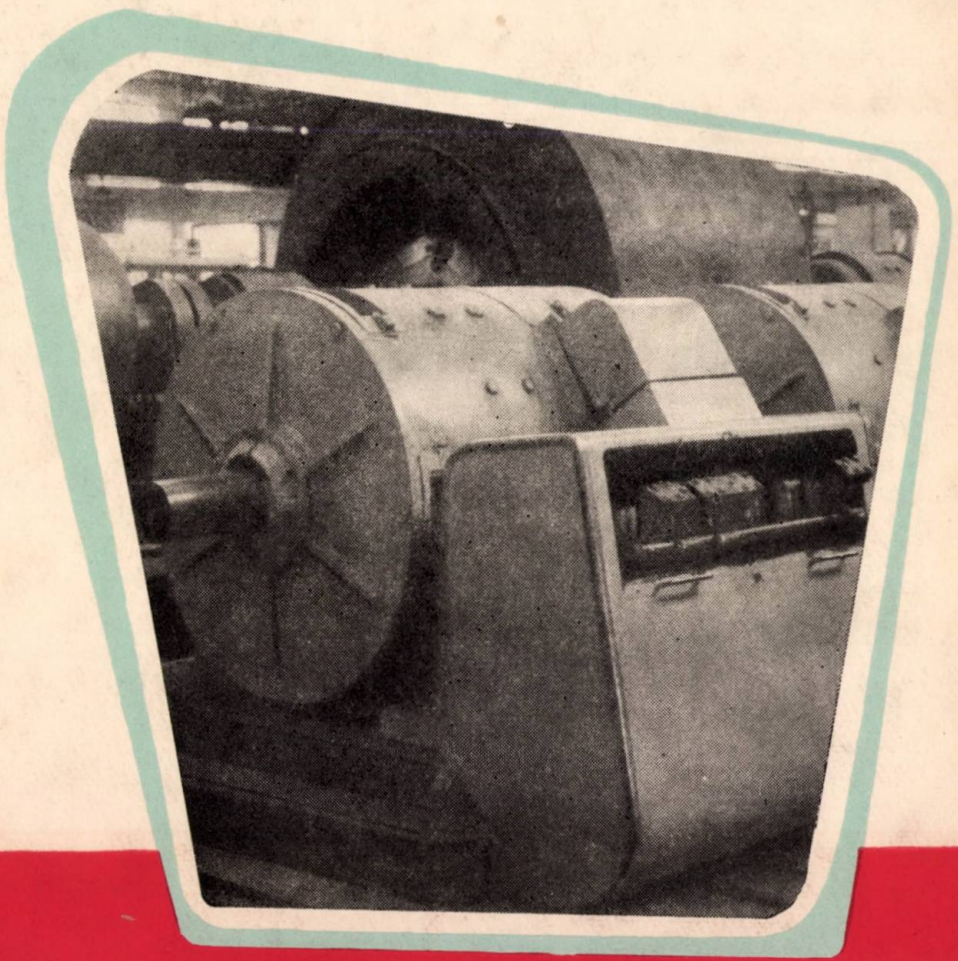


E 2040

R

REFERÁLVA

ELECTROTEHNICA



10

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 10 ★ nr. 10 ★ p. 365 — 400 ★ octombrie 1962

ELECTROTEHNICA

Anul 10 nr. 10 octombrie 1962

CUPRINS

CZ 621.313.322.012.2

Vasilescu, A.: **Contribuţie la studiul maşinii sincrone**

Electrotehnica, *10* (1962) nr. 10, p. 365–371

Folosind metoda simbolică şi determinanţii, se poate obţine soluţia completă (cu considerea rezistenţei indusului) a ecuaţiei fundamentale. Din expresia vectorială a soluţiei se construieşte diagrama de funcţionare a maşinii, stabilindu-se legătura cu metoda suedeză.

CZ 621.313.0.451 : 621315.614/616.

Lefter, V.: **Unele probleme privind calculul şi construcţia maşinilor electrice de joasă tensiune în clase de izolaţie superioare clasei A**

Electrotehnica *10* (1962) nr. 10, p. 371–375

La utilizarea materialelor electroizolante de clasă superioară clasei A, constructorii de maşini electrice pot obţine reduceri importante ale miezului magnetic prin creşterea solicitărilor în elementele active : fier şi cupru şi corespunzător ale dimensiunilor de montaj.

În articol se arată cum se poate proceda la alegerea densităţii de curent în conductoarele înfăşurărilor precum şi la alegerea valorii inducţiei în întrefier. În final sînt indicate unele măsuri constructive avute în vedere în legătură cu noile temperaturi de regim ale maşinilor executate cu materiale electroizolante de clasă superioară clasei A.

CZ 621.316.57.067.5

Mathé, B., Ogrezeanu, St. şi *Pănoiu, A.*: **Ridicarea caracteristicilor mecanice pe cale electrică la întreruptoarele de înaltă tensiune.**

Electrotehnica, *10* (1962) nr. 10, p. 375–383

Se expun rezultatele cercetărilor experimentale şi teoretice privind metodele de măsurare ale diferitelor mărimi mecanice caracteristice ale întreruptoarelor de înaltă tensiune, pe cale electrică. Metodele şi schemele propuse pot fi utilizate în afară de uzina constructoare, de întreprinderile de montaj şi exploatare, de institutele de cercetări, cum şi de laboratoarele uzinale din ramura construcţiilor de maşini.

CZ. 621.319.4.018.144

Bercu A.: **Seria unitară a condensatoarelor de forţă de joasă şi medie tensiune**

Electrotehnica, *10* (1962) nr 10, p. 383–390

În lucrare se prezintă noua serie unitară de condensatoare de forţă cu indici tehnico-economici la nivelul tehnicii mondiale.

Se arată căile ce au dus la obţinerea indicilor, prezentîndu-se, în acelaşi timp, evoluţia construcţiei de condensatoare de forţă în R.P.R. Se demonstrează influenţa, atît a gradientului de lucru, cît şi a gradului de exploatare a construcţiei, asupra indicilor.

PENTRU TINĂRUL INGINER

CZ 621.315.512 : 621·315.612.7

Dragomir D.: **Conductoare emailate sudabile**

Electrotehnica *10* (1962) nr. 10, p. 390–393

Autorul face pe bază de literatură şi de experienţă proprie o prezentare a modului de fabricaţie a lacurilor electroizolante pe bază de poliuretan. Se prezintă mecanismul clasic de obţinere a acestor lacuri precum şi particularităţile tehnologice ale emailării conductoarelor de cupru cu ajutorul lor.

RECENZII, 394–397

REFERATE, 397–400

Fotografia de pe coperta I reprezintă un convertizor pentru încercarea motoarelor de tracțiune, iar fotografia de pe coperta a IV-a reprezintă diverse tipuri de transformatoare de curent în rășini de turnare.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.322.012.2

Vasilescu, A. : **К изучению синхронной машины.**

Electrotehnica, 10 (1962) № 10, стр. 365–371

Применением символического метода и определителей можно получить полное решение (с учетом сопротивления якоря) основного уравнения. Исходя из векторного выражения решения, строят рабочую диаграмму машины, устанавливая связь с шведской диаграммой.

ДК 621.313.045.1 : 621.315.614/616.

Lefter, V. : **Некоторые вопросы расчета и конструирования низковольтных электрических машин класса изоляции высшей чем класс А.**

Electrotehnica *10* (1962) № 10, стр. 371–375

При применении электроизоляционных материалов класса выше А, конструкторы электрических машин могут достигнуть значительного сокращения магнитной сердцевины путем повышения нагрузок в работе активных элементов — железо и медь и соответственно монтажных размеров.

В статье показано как следует поступать при выборе плотности тока в проводниках обмоток, а также при выборе величины индукции в межполюсных пространствах. В заключение показан ряд конструктивных мер, учитываемых в связи с новыми температурными режимами машин, выполненных с помощью электроизоляционных материалов соответствующих классу выше чем класс А.

ДК621.316.57.067.5

Mathé, B., Ogrezeanu, St. и *Pănoiu, A.* : **Снятие электрическим путем механических характеристик высоковольтных выключателей.**

Electrotehnica, 10 (1962) № 10, стр. 375–383

Излагаются результаты опытных и теоретических исследований по методам измерения различных механических характеристик высоковольтных выключателей электрическим путем. Предлагаемые методы и схемы могут применяться вне завода-строителя: на монтажных и эксплуатационных предприятиях, в исследовательских институтах, а также в лабораториях машиностроительных заводов.

ДК 621.319.4.018.144

Bercu A. : **Унитарная серия силовых конденсаторов низкого и среднего напряжения.**

Electrotehnica 10 (1962) № 10, стр. 383–390

В работе представлена новая унитарная серия силовых конденсаторов с технико-экономическими показателями на уровне современной техники. Показываются пути получения показателей, представляя в то же время развитие конструкции силовых конденсаторов в РНР. Демонстрируется влияние градиента работы, а также и степени эксплуатации конструкции на показатели.

ДЛЯ МОЛОДОГО ИНЖЕНЕРА

ДК 621.315.512 : 621.315.612.7.

Dragomir D. : **Сварные и эмалированные проводники.**

Electrotehnica, *10* (1962) № 10, стр. 390–393

Основываясь на литературных данных и на собственном опыте, автор освещает процесс производства электроизоляционных лаков на основе полиуретана. Дается описание классического механизма получения этих лаков, а также приводятся технологические особенности эмалировки медных проводников с их помощью.

РЕЦЕНЗИИ, 395–397

РЕФЕРАТЫ, 397–400

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.322.012.2

Vasilescu, A.: **Beitrag zur Untersuchung von Synchronmaschinen.**

Electrotehnica *10* (1962) H. 10, S. 365–371

An Hand des symbolischen Verfahrens und der Determinanten kann die vollständige Lösung der Grundgleichung synchroner Maschinen, mit Einbeziehung des Läuferwiderstands erzielt werden. Aus dem vektoriellen Ausdruck der Lösung wird, in Verbindung mit dem schwedischen Verfahren das Funktionsschaubild der Maschinen crrechnet.

DK 621.313.045.1 : 621.315.614/616.

Lefter, V.: **Einige Probleme der Berechnung und des Baus von elektrischen Niederspannungsmaschinen in den der Isolazionsklasse A übergeordneten Klassen.**

Electrotehnica *10* (1962) H. 10, S. 371–375

Durch Verwendung elektrisch isolierender Stoffe einer der A-Klasse übergeordneten Klasse könenn beim Bau elektrischer Maschinen bedeutende Verkleinerungen des Magnetkerns durch die erhöhte Beanspruchung der aktiven Elemente (Eisen, Kupfer) und der entsprechenden Montage masse erzielt werden.

Es wird gezeigt wie die Stromstärke in der Wicklung und der Induktionswert im Luftspalt gewählt werden können. Abschliessend werden einige bautechnische Massnahmen angeführt, im Zusammenhang mit den neuen Betriebstemperaturen der aus elektroisolierenden Stoffen einer der Klasse A übergeordneten Klasse hergestellten Maschinen.

DK 621.316.57.067.5

Mathé, B., Orgrezeanu, St. und Pănoiu, A.: **Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Hochspannungsschaltern durch elektrische Messungen.**

Elektrotehnica, *10* (1962) H. 10, S. 375–383

Die Ergebnisse theoretischer und praktischer Untersuchungen über die elektrischen Verfahren für Messung verschiedener mechanischer Kenngrössen von Hochspannungsschaltern werden dargestellt, Die vorgeschlagenen Verfahren und Schaltbilder finden ausserhalb der Herstellwerke, in Montagebetrieben, EVU, Forschungsinstituten und Werklabors des Maschinenbaus Anwendung.

DK 621.319.4.0118.144

Bercu A.: **Eine einheitsserie von Hochleistungskondensatoren für Nieder- und Mittelspannung.**

Electrotehnica *10* (1962) H. 10, S. 383–390

Im Aufsatz wird eine neue einheitliche Serie von Hochleistungskondensatoren beschrieben deren technischen und wirtschaftlichen Kennziffern internationalen Bestleistungen entsprechen. Ferner werden die Wege gezeigt die zur Erreichung diser Kennziffern geführt haben und die Entwicklung des Baus von Hochleistungskondensatoren in der RVR dargelegt. Abschliessend wird der Einfluss der Arbeitskennlinie und der Betreiebskennlinie auf die Kennziffern beschrieben.

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.315.512 : 621.315.612.7.

Dragomir D.: **Schweissbare Emailleiter.**

Electrotehnica *10* (1962) H. 10, S. 390–393

Auf Grund von Fachliteratur und eigener Erfahrung, beschreibt der Verfasser die Herstellungsweise der Isolierlacke auf Polyurethan-Basis, das klassische Herstellungsverfahren dieser Lacke und die technologischen Eigenheiten der Emaillierung von Kupferleitern mit Hilfe dieser Lacke.

BUCHBESPRECHUNGEN, 394–397

REFERATE, 397–400

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR

Anul 10 nr. 10 Bucureşti, octombrie 1962

MŰSZAKI KÖNYVTÁRÉS 1883 DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT ORSZÁGOS

Contribuţie la studiul maşinii sincrone

Anghel Vasilescu* — Bucureşti

CZ 621.313.322.01

Se ştie din teoria maşinii sincrone că aceasta are ca diagramă de funcţionare un melc al lui Pascal. Demonstrarea riguroasă a acestuia este anevoioasă şi se face, în general, neglijîndu-se valoarea rezistenţei ohmice a bobinajului. În lucrarea de faţă autorul, utilizînd metoda simbolică, deduce pe o cale simplă diagrama de funcţionare a maşinii sincrone şi determină eroarea comisă prin neglijarea rezistenţei înfăşurării indusului.

Maşinile electrice de curent alternativ au ca diagramă de funcţionare un cerc. O excepţie o formează maşina sincronă cu poli aparenţi, care are ca diagramă de funcţionare un melc al lui Pascal. Acest fapt, menţionat în literatura de specialitate de dată mai recentă [1], [2], este arătat folosindu-se demonstraţii complicate [2] sau nu se demonstrează de loc [1]. Din cauza demonstraţiilor complicate nu se pot deduce în mod convenabil nici concluziile practice rezultate din această particularitate a maşinii sincrone cu poli aparenţi, şi nici construcţia exactă a diagramei de funcţionare a acestei maşini. Chiar demonstraţiile complicate nu sînt prezentate în literatura de specialitate [2] decît neglijîndu-se valoarea rezistenţei ohmice a bobinajului. Este uşor de înţeles că la maşini de putere mare această neglijare este cu totul admisibilă din punct de vedere practic, însă la maşini de putere mică, ceea ce reprezintă regula cenerală în cazul maşinilor cu poli aparenţi, este interesant de ştiut ordinul de mărime al erorii comise, ceea ce nu se poate obţine decît din compararea rezultatelor cu şi fără luarea în considerare a rezistenţei ohmice a bobinajului.

Se va arăta în cele ce urmează o demonstraţie simplă şi o construcţie comodă a problemelor menţionate mai sus, iar la baza unei diagrame a melcului lui Pascal obţinută cît se poate de simplu, prin metoda propusă în prezentul studiu, pentru o maşină cu date constructive uzuale, se vor deduce consecinţele rezultate din considerarea melcului lui Pascal ca diagramă de funcţionare a maşinii sincrone cu poli aparenţi.

Deoarece maşina sincronă cu poli aparenţi a fost, în ordine cronologică, prima care a fost realizată, maşina cu poli înecaţi va apărea în prezentul studiu ca un caz particular, rezultat din egalarea reactanţelor longitudinale cu cele transversale. Prin această egalare se vor obţine relaţiile cunoscute ale maşinii sincrone cu poli înecaţi, ceea ce va alcătui o verificare a formulelor deduse pentru cazul general al maşinii sincrone cu poli aparenţi.

În acest scop se porneşte de la ecuaţia fundamentală

$$\mathbf{U} = \mathbf{I}\,\mathbf{Z} + \mathbf{E}_q + \mathbf{E}_{A1} + \mathbf{E}_p\,. \qquad (1)$$

Pentru compararea rezultatelor ce se vor obţine în prezenta lucrare cu acelea din [2] care tratează mai pe larg această problemă, însă numai pentru cazul $R = 0$, se va folosi aceeaşi notaţie ca şi în menţionatul tratat, pentru a se distinge uşor influenţa reprezentată prin considerarea rezistenţei ohmice R a bobinajului maşinii.

În ecuaţia (1) însemnează:

$$\mathbf{E}_q = \mathrm{j}\,\mathbf{I}_q\,\mathbf{X}_q \qquad (2)$$

$$\mathbf{E}_{A1} = \mathrm{j}\,\mathbf{I}_1\,\mathbf{X}_1 \qquad (3)$$

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_q\,. \qquad (4)$$

$\mathbf{E}_{A1} + \mathbf{E}_p$ provine din descompunerea lui $\mathbf{E}_1$ în tensiunile electromotoare induse de către cîmpul longitudinal al indusului şi cîmpul polilor magnetici. Prin introducerea în ecuaţia (1) a valorilor din ecuaţiile (2) şi (3) se obţine:

$$\mathbf{U} = \mathbf{I}_q\{R + \mathrm{j}\,(X_q + X_s)\} + (\mathbf{I}_1\{R + \mathrm{j}(X_1 + X_s)\} + \mathbf{E}_p. \qquad (5)$$

* Ing. A. VASILESCU este inginer proiectant şef la IPROMET-Bucureşti.

Tensiunea **U** se descompune în două componente, componenta $\mathbf{U}_1$ în direcția lui $\mathbf{E}_p$ și $\mathbf{U}_q$ perpendicular pe aceasta. Așadar

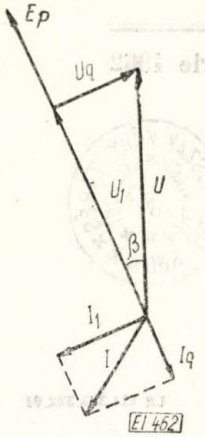


Fig. 1. Compunerea vectorială a vectorului U.

$$\mathbf{U} = \mathbf{U}_q + \mathbf{U}_{A1},$$

iar conform figurii 1

$$\mathbf{U}_1 = \mathbf{U} \cos \beta \, e^{j\beta}$$

$$\mathbf{U}_q = -\,j\,\mathbf{U} \sin \beta \, e^{j\beta}.$$

Cu această descompunere a lui **U** ecuația (1) constă numai din vectori care sînt coaxiali sau perpendiculari unul pe altul. Din acest motiv ecuația (5) se poate desface ca orice ecuație complexă în părțile reală și imaginară. Așadar

$$\mathbf{U}_q = \mathbf{I}_l R + j\,\mathbf{I}_q (X_q + X_s) = -\,j\,\mathbf{U} \sin \beta \, e^{j\beta} \quad (8)$$

$$\mathbf{U}_1 = \mathbf{I}_q R + j\,\mathbf{I}_l (X_1 + X_s) = \mathbf{U} \cos \beta \, e^{j\beta}. \quad (9)$$

În literatura de specialitate (2) se menționează că pentru rezolvarea ecuațiilor (8) și (9), evitîndu-se calculul algebric laborios impus de această rezolvare, este nevoie să se facă $R = 0$. Dacă se folosesc determinanții sau calculul matricial se evită calculul laborios fără să mai fie necesar să se neglijeze valoarea lui R.

Scriind deci ecuațiile (8) și (9) sub forma:

$$\mathbf{I}_l R \qquad j\,\mathbf{I}_q (X_q + X_s) = -\,j\,\mathbf{U} \sin \beta \, e^{j\beta} \quad (8')$$

$$j\,\mathbf{I}_l (X_1 + X_s) \quad \mathbf{I}_q R = \mathbf{U} \cos \beta \, e^{j\beta} - \mathbf{E}_p \quad (9')$$

se obține foarte comod soluția sub forma de determinant precum urmează:

$$\mathbf{I}_l = \frac{\begin{vmatrix} -\,j\,\mathbf{U} \sin \beta \, e^{j\beta} & j(X_q + X_s) \\ \mathbf{U} \cos \beta \, e^{j\beta} - \mathbf{E}_p & R \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R & j(X_q + X_s) \\ j\,X_q + X_s) & R \end{vmatrix}} \quad (10)$$

$$\mathbf{I}_q = \frac{\begin{vmatrix} R & -\,j\,\mathbf{U} \sin \beta \, e^{j\beta} \\ j(X_1 + X_s) & \mathbf{U} \cos \beta \, e^{j\beta} - \mathbf{E}_p \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} R & j(X_q + X_s) \\ j(X_l + X_s) & R \end{vmatrix}}. \quad (11)$$

Prin rezolvarea determinanților din ecuațiile (10) și (11) și însumarea soluțiilor astfel obținute rezultă:

$$\mathbf{I} = \frac{\{R - j\,(X_1 + X_s)\}\{-j\,\mathbf{U} \sin \beta \, e^{j\beta}\} + \{R - j\,(X_q + X_s)\}\{\mathbf{U} \cos \beta \, e^{j\beta} - \mathbf{E}_p\}}{R^2 + (X_1 + X_s)(X_q + X_s)} \quad (12)$$

În ecuația (12) $\mathbf{E}_p$ reprezintă tensiunea electromotoare care este indusă de polii magnetici, iar **U** tensiunea la borne. Prin dispariția sarcinii ($\beta = 0$) **U** devine identic cu $\mathbf{E}_p$, așa că termenul al doilea al ecuației (12) devine egal cu zero.

Variația tensiunii la borne (**U**) de la mersul în gol la plină sarcină este o constantă caracteristică a mașinii; ea depinde de tipul mașinii și poate fi dată prin relația:

$$\mathbf{E}_p = k\,U\,e^{j\beta} \quad (13)$$

La diferite sarcini mașina sincronă funcționează cu $U = \text{const.}$, variabile fiind β și $\mathbf{E}_p$ (prin curentul de excitație reglat manual sau automat). Deci k reprezintă raportul constant al variației de tensiune de la gol la plină sarcină. Acest raport este fixat de prescripții, fiind impus pentru turbogeneratoare la valoarea 1,5 (STAS 1893-50), iar pentru mașinile cu poli aparenți și de turație redusă $k = 1{,}25 - 1{,}30$. k fiind constant iar U trebuind să fie menținut constant, rezultă că pentru respectarea condiției impusă de ecuația (13), la orice variație de sarcină (variația lui β) trebuie variat $\mathbf{E}_p$ prin curentul de excitație.

Se pune deci problema găsirii legii variației vectorului J, cînd prin variația lui β și a luii $\mathbf{E}_p$ se obține o variație a sarcinii mașinii sincrone sub tensiune constantă la borne. În acest scop se introduce în ecuația (12) valoarea lui $\mathbf{E}_p$ din ecuația (13), înlocuindu-se în același timp și funcțiunile trigonometrice prin funcțiuni exponențiale conform relațiilor:

$$\cos \beta \, e^{j\beta} = \frac{e^{j2\beta} + 1}{2} \quad (14)$$

$$\sin \beta \, e^{j\beta} = \frac{e^{j2\beta} - 1}{2\,j}. \quad (15)$$

Prin această înlocuire se obține

$$\mathbf{I} = \frac{I\,\frac{U}{2}(X_1 - X_q)\,e^{j2\beta} + kU\{R - j\,(X_q + X_s)\}\,e^{j\beta} + R\,U - j\,\frac{U}{2}(X_1 + X_q + 2X_s)}{R^2 + (X_1 + X_s)(X_q + X_s)} \quad (12')$$

Din ecuația (12') se constată că intensitatea **I** a curentului de sarcină al mașinii sincrone cu poli aparenți este formată din componentele:

$$N = \frac{R\,U - \mathrm{j}\,\frac{U}{2}\,(X_1 + X_q + 2\,X_s)}{R^2 + (X_1 + X_s)\,X_q + X_s)} \tag{16}$$

$$O = \frac{-\,k\,U\,\{R - \mathrm{j}\,(X_q + X_s)\}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\beta}}{R^2 + (X_1 + X_s)\,(X_q + X_s)} \tag{17}$$

$$P = \frac{\mathrm{j}\,\frac{U}{2}\,(X_1 - X_q)\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}2\beta}}{R^2 + (X_1 + X_s)\,(X_q + X_s)}\,. \tag{18}$$

Pentru $X_1 = X_q$, P devine egal cu zero, așa că pentru mașina cu poli înecați rezultă:

$$\mathbf{I} = \frac{R\mathbf{U} - \mathrm{j}\frac{U}{2}\,(X_1 + X_q + 2X_s) - k\mathbf{U}\{R - \mathrm{j}\,(X_q + X_s)\}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\beta}}{R^2 + (X_1 + X_s)\,(X_q + X_s)} \tag{12''}$$

Se constată că ecuația (12'') este de forma

$$M = A + B\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\beta} \tag{19}$$

care reprezintă un cerc, iar ecuația (12') este de forma

$$M = A + B\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\beta} + C\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}2\beta} \tag{20}$$

care reprezintă ecuația melcului lui Pascal.

În tratatul [3] ecuația melcului lui Pascal este dată sub forma

$$M = A + B\,\mathrm{e}^{-\mathrm{j}\beta} + C\,\mathrm{e}^{-2\mathrm{j}\beta} \tag{20'}$$

care se deosebește de forma (20) numai prin semnul lui β. Această deosebire de semn se datorește faptului că în lucrarea citată mai sus semnul pozitiv al lui β este în sensul acelor unui ceasornic, iar în figura 1 s-a luat ca sens pozitiv cel invers acelor unui ceasornic.

Înainte de a trece la construcția practică a diagramei de funcționare a unei mașini sincrone cu poli aparenți, reprezentată prin melcul lui Pascal, se va analiza sensul fizic al expresiilor N, O și P, iar după aceea se va calcula eroarea comisă prin neglijarea valorii lui R, pentru a se putea constata dacă la construcția melcului lui Pascal aferent unei mașini reale, trebuie sau nu să se ia în considerație valoarea rezistenței ohmice a bobinajului.

Pentru scoaterea în evidență a sensului fizic al expresiilor N, O și P se recomandă să se facă $R = 0$ în ecuațiile (16), (17) și (18) obținîndu-se:

$$N' = \frac{-\,\mathrm{j}\frac{U}{2}\,(X_1 + X_q + 2\,X_s)}{(X_1 + X_s)\,(X_q + X_s)} =$$

$$= -\,\mathrm{j}\,\frac{U}{2}\left(\frac{1}{X_1 + X_s} + \frac{1}{X_q + X_s}\right)$$

$$O' = \frac{\mathrm{j}\,k\,U\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\beta}}{X_1 + X_s}$$

$$P' = \mathrm{j}\,\frac{U}{2}\left(\frac{1}{X_q + X_s} - \frac{1}{X_1 + X_s}\right)\mathrm{e}^{\mathrm{j}2\beta}\,.$$

Se constată ușor că N' reprezintă curentul de scurtcircuit la mers în gol, O' curentul de scurtcircuit la mers în sarcină, iar P' un termen adițional care se adaugă la curentul de scurtcircuit la mers în sarcină, termen care se anulează pentru $X_1 = X_q$ (mașina cu poli înecați). Notînd cu I_k curentul de scurtcircuit la mers în sarcină, cu I_{k0} curentul de scurtcircuit corespunzător excitației la mers în gol și cu I curentul corespunzător excitației la sarcină, ecuația (12) capătă forma

$$I_k = I_{k0} + I\,. \tag{21}$$

Deci se ajunge din ecuația (12) la aceeași relație (21) folosită de ing. P. Dimo la studiul stabilității sistemelor electroenergetice, tratată atît de elegant și complet în [4]. Se va arăta mai jos că relația (21) aplicată de autorul menționat mai sus la studiul stabilității sistemelor electroenergetice, deci în afara generatoarelor producătoare de energie electrică, joacă același rol important și în ceea ce privește fenomenele care au loc în interiorul mașinilor.

I_k, I și I_{k0} reprezintă intensități de curent care circulă în bobinajul statorului mașinii sincrone, așa că dacă se înmulțește fiecare din aceste intensități cu numărul de spire al bobinajului statorului, se obține amperspirele respective. Însă amperspirele statorului sînt echilibrate de amperspirele rotorului. Deci relația (21) este valabilă la altă scară de reprezentare și în privința corelației existente între curentul de scurtcircuit atît la mers în gol cît și la mers în sarcină. Curentul de scurtcircuit la mers în sarcină este, ca orice curent de scurtcircuit un curent dewatat ($\cos\varphi = 0$), iar amperspirele din rotor, care țin echilibrul amperspirelor curentului de scurtcircuit, reprezintă amperspirele pentru $\cos\varphi = 0$.

Pentru aflarea sensului fizic al expresiilor N, O și P a fost recomandabil să se facă $R = 0$. Această simplificare ajută și la construcția melcului lui Pascal aferent unei mașini executate. Din acest motiv este interesant de aflat eroarea care se comite dacă se neglijează valoarea rezistenței ohmice a bobinajului, ceea ce se obține făcînd diferența dintre valorile ex-

presiei (12'), o dată luîndu-se în considerare valoarea lui R și apoi fără această valoare, adică

$$\Delta \mathbf{I} = \frac{\mathrm{j}\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 - X_q)\,e^{\mathrm{j}2\beta} + k\mathbf{U}\{R - \mathrm{j}(X_q + X_s)\{e^{\mathrm{j}\beta} + R\mathbf{U} - \mathrm{j}\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 + X_q + 2X_s)}{R^2 + (X_1 + X_s)(X_q + X_s)} -$$

$$- \frac{\mathrm{j}\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 - X_q)\,e^{\mathrm{j}2\beta} - \mathrm{j}k\,\mathbf{U}\,(X_q + X_s) - \mathrm{j}\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 + X_q + 2X_s)}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)} \qquad (22)$$

În numitorul primului termen al membrului al doilea al expresiei (22) valoarea numerică a lui R este mai mică decît unitatea, în timp ce $X_1 = + X_s$, respectiv $X_q + X_s > 1$.

Deci pentru simplificarea calculelor se poate foarte bine neglija R^2 față de produsul $(X_1 + X_s)(X_q + X_s)$.

Considerînd deci ca numitor comun expresia $(X_1 + X_s)(X_q + X_s)$ se obține:

$$\Delta \mathbf{I} = \frac{R\mathbf{U} - k\mathbf{U}R^{\mathrm{j}\beta}}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)} = R\,\mathbf{U}\,\frac{1 - k\,e^{\mathrm{j}\beta}}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)}.$$

Condițiile de stabilitate statică și dinamică a funcționării mașinii sincrone impun $\beta \cong 30°$, așa că pentru $k = 1{,}3$ se obține:

$$1 - k\,e^{\mathrm{j}\beta} = 1 - 1{,}3\sqrt{\cos^2 30° + \sin^2 30°} =$$

$$= 1 - 1{,}28 = 0{,}28$$

Prin urmare eroarea comisă este dată de expresia:

$$\Delta \mathbf{I} = -R\,\mathbf{U}\,\frac{0{,}28}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)}. \qquad (23)$$

Din expresia (23) rezultă că eroarea comisă depinde în foarte mare măsură de tensiunea mașinii și de valorile reactanțelor de la numitorul fracției. Pentru a căpăta o idee asupra ordinului de mărime al erorii, se va considera un exemplu numeric folosind valorile aferente unor mașini executate, făcînd apel la datele din „Siemens Formel und Tabellenbuch für Starstromingenieure". Pentru mașini cu mai puțin de 16 poli se indică:

$X_1 + X_s$ (saturat) $= 80 - 140\,\%$
$X_q + X_s = 52 - 90\,\%$
iar cu mai mult de 16 poli
$X_1 + X_s = 75 - 125\,\%$
$X_q + X_s = 45 - 80\,\%$

valorile mici referindu-se la puteri mari iar valorile mari la puteri mici. Pentru simplificare se va calcula cu valori medii și anume:

$X_1 = X_s = 105\,\%$ $X_q = X_s = 67\,\%$ $R = 1{,}2\,\%$.

Pentru a se obține din ecuația (23) valoarea erorii în A trebuie să se introducă în ecuația (23) valorile rezistenței și reactanțelor în Ω, făcîndu-se transformările conform relației:

$$X\,[\Omega] = \frac{U^2 \cdot X\,[\%]}{P\,[\mathrm{MVA}]}\,10^{-2}$$

obținîndu-se pentru un generator de 10 MVA la 6,3 kV ($I_n = 920$ A)

$$X_1 = X_s = \frac{6{,}3^2 \cdot 105}{10}\,10^{-2} = 4{,}2\ \Omega$$

$$X_q + X_s = 2{,}65\,\Omega \quad X_s = \frac{6{,}3^2 \cdot 12}{10}\,10^{-2} = 0{,}48\ \Omega$$

$$R = 0{,}048\ \Omega$$

Introducînd aceste valori în ecuația (23) se obține:

$$\Delta I = -0{,}048\,\frac{6\,300}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0{,}28}{4{,}2 \cdot 2{,}65} = -4{,}4\ \mathrm{A}$$

Raportată la intensitatea nominală a mașinii se obține:

$$\frac{4{,}4 \cdot 100}{920} = 0{,}475\,\%$$

Deci mai puțin de 1%.

De aici rezultă că eroarea comisă prin neglijarea rezistenței ohmice a bobinajului este admisibilă. În acest caz ecuația (12') capătă forma

$$\mathbf{I} = \frac{\mathrm{j}\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 + X_q + 2X_s) + \mathrm{j}k\mathbf{U}\,(X_q + X_s)\,e^{\mathrm{j}\beta} + \mathrm{j}\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 - X_q)\,e^{\mathrm{j}2\beta}}{(X_1 + X_s)\,(X_q + X_s)} \qquad (12''')$$

Confruntînd ecuația (12''') cu ecuația (20) se poate trasa melcul lui Pascal aferent ecuației (12'''), folosindu-se baza teoretică a ecuației (20) așa cum se arată în (4), adică se trasează într-un sistem de axe de coordonate cu abscisa ca axă reală și ordonata ca axă imaginară, vectorul **A**. La extremitatea lui **A** se trasează două cercuri concentrice cu raza **B**, respectiv **C**. Pentru $\beta = 0$ se obține din ecuația (20)

$$\mathbf{M} = \mathbf{A} + \mathbf{B} + \mathbf{C}. \qquad (20')$$

Plecînd de la această poziție inițială se dă lui β valori cuprinse între 0 și 360°, extremitatea vectorului **B** + **C** descriind în acest mod curba reprezentată de ecuația (20), respectiv (12''').

Conform teoriei cunoscute, dacă $C > \frac{B}{2}$, melcul are un punct dublu situat pe cercul de rază C. Pentru $C = \frac{B}{2}$ punctul dublu este un punct de răspăr (întoarcere) și melcul devine o cardioidă. Pentru $C < \frac{B}{2}$, punctul dublu este imaginar.

Reactanțele din ecuația (12''') au pentru mașini executate astfel de valori încît curba reprezentată de această ecuație este un melc cu punctul dublu imaginar. Condiția care impune punctul dublu imaginar este reprezentată de inegalitatea

$$j\frac{k\mathbf{U}}{2}(X_q + X_s) > j\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 - X_q)$$ care prin simplificare cu $j\frac{\mathbf{U}}{2}$ devine

$$k > \frac{X_1 + X_s}{X_q + X_s} - 1 \qquad (24)$$

Dacă se introduc în inegalitatea (24) valorile reactanțelor generatorului sincron cu poli aparenți de 10 MVA la 6,3 kV indicate mai sus se obține

$$k = 1{,}3 > \frac{4{,}2}{2{,}67} - 1 = 0{,}54$$

Dacă în ecuația (12''') se face $\beta = 0$, adică mașina este racordată la rețea însă neîncărcată se obține

$$\mathbf{I} = \frac{-j\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 + X_q + 2X_s) + jk\mathbf{U}(X_q + X_s) + j\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 - X_s)}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)} \qquad (25)$$

sau sub forma simplificată prin reducere

$$\mathbf{I} = \frac{-j + \mathbf{U} + jk\mathbf{U}}{X_1 + X_s}. \qquad (25')$$

Ecuația (25') nu este altceva decît ecuația (21) stabilită pentru generatorul sincron cu poli înecați. Deci la funcționarea complet dewatată cu $\beta = 0$ și $\cos\varphi = 0$ reactanța transversală nu apare în ecuația (25'), adică se confirmă demonstrația din (5) care arată că la sarcina pură reactivă amperspirele transversale se anulează.

Introducîndu-se în ecuația (25) valorile reactanțelor corespunzătoare generatorului de 10 MVA la 6,3 kV se determină, într-un sistem de axe de coordonate, în care ordonata este axa imaginară iar abscisa axa reală, valoarea și poziția vectorilor $\mathbf{N}'$; $\mathbf{0}'$; $\mathbf{P}'$.

$$\mathbf{N}' = \frac{-j\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 + X_q + 2X_s)}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)} = -j\,1\,100\ \text{A}$$

$$\mathbf{0}' = \frac{k\,j\,\mathbf{U}(X_q + X_s)}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)} = j\,1\,100\ \text{A}$$

$$\mathbf{P}' = \frac{j\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 - X_q)}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)} = j\,250\ A.$$

Din expresiile de mai sus se constată că intensitățile calculate sînt toate dirijate în sensul axei imaginare, ceea ce era și de așteptat, dat fiind că $\beta = 0$.

Faptul că valorile lui N' și $0'$ sînt egale și de semn contrar dovedește că pentru generatorul de 10 MVA la 6,3 kV, valoarea lui $k = 1{,}3$ a fost aleasă corespunzător cu valoarea reactanțelor considerate în calcul.

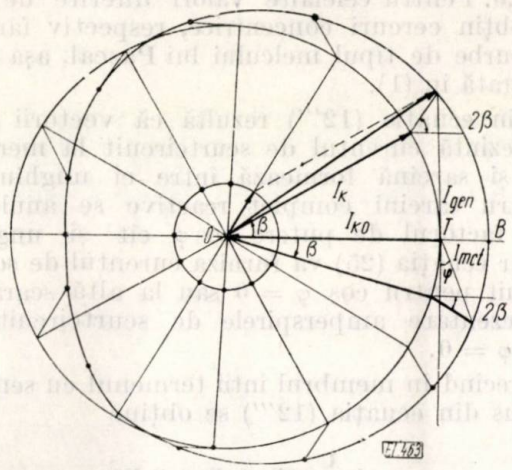


Fig. 2. Construcția melcului lui Pascal pentru un generator cu poli ieșiți de 10 MVA; 6,3 kV

Pentru obținerea melcului lui Pascal corespunzător generatorului sincron de 10 MVA și 6,3 kV se duce vectorul $\mathbf{N}' = -j\,1\,100$ din originea axelor pe ordonată în sensul valorilor negative. La extremitatea acestui vector se trasează cele două cercuri concentrice, unul cu raza 1 100 A și altul cu raza 250 A. Dîndu-se apoi lui β valori cuprinse între 0 și 360°, așa cum se arată în figura 2, se obține punct cu punct diagrama de funcționare a mașinii respective. Domeniul practic utilizat este însă numai acela corespunzător domeniului de funcționare stabilă a mașinii, adică valorile cuprinse între 0 și 30°. Arcul melcului cuprins între +30° și −30° poate fi considerat ca un arc de cerc de rază I_{k0} și cu un centru diferit de centrul celor două cercuri concentrice. Distanța dintre centrele acestea are o anumită semnificație fizică, și asupra ei se va reveni cînd se vor analiza consecințele care rezultă din considerarea melcului lui Pascal ca diagramă de funcționare a mașinii sincrone cu poli aparenți.

Pentru mașina sincronă cu poli înecați ($X_1 = X_q$) ecuația (12''') capătă forma

$$\mathbf{I} = \frac{-j\mathbf{U} + j\,\mathbf{U}\,k\,e^{j\beta}}{X_1 + X_s} \qquad (26)$$

care este ecuația unui cerc.

Pentru un turbogenerator de 12 MVA la 6,3 kV și anume tipul sovietic T 2—12 cu reactanțele

$$X_1 + X_s = X_d = 186\,\%$$

$$X_d = \frac{6{,}3^2 \cdot 186{,}5 \cdot 10^{-2}}{12} = 6{,}15\ \Omega$$

s-a construit în același mod ca și melcul lui Pascal, în figura 3 diagrama respectivă, pentru valoarea uzuală $k = 1{,}5$ valabilă pentru turbogeneratoare cu poli înecați pentru $\cos\varphi = 0{,}8$. Pentru celelalte valori diferite de 0,8 se obțin cercuri concentrice, respectiv familie de curbe de tipul melcului lui Pascal, așa cum se arată în (1).

Din ecuația (12''') rezultă că vectorii care reprezintă curentul de scurtcircuit la mers în gol și sarcină formează între ei unghiul β. Pentru sarcini complet reactive se anulează atît factorul de putere $\cos\varphi$ cît și unghiul β, iar ecuația (25) va furniza curentul de scurtcircuit pentru $\cos\varphi = 0$ sau la altă scară de reprezentare amperspirele de scurtcircuit la $\cos\varphi = 0$.

Trecînd în membrul întîi termenul cu semnul minus din ecuația (12''') se obține

$$\mathbf{I} + \frac{\mathrm{j}\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1 + X_q + 2X_s)}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)} = \frac{\mathrm{j}\,k\,\mathbf{U}(X_q + X_s)\,e^{\mathrm{j}\beta} + \mathrm{j}\frac{\mathbf{U}}{2}(X_1(X_1 - X_q)e^{\mathrm{j}2\beta}}{(X_1 + X_s)(X_q + X_s)} \quad (27)$$

Pentru $\beta = 0$ membrul al doilea al ecuației (27) reprezintă amperspirele la mers în sarcină și $\cos\varphi = 0$, după cum rezultă din figura 2 și figura 3, pentru cazul mașinii sincrone cu poli înecați.

Ecuația (27) va fi folosită la analizarea metodei suedeze, care este întrebuințată la determinarea excitației generatoarelor sincrone cu

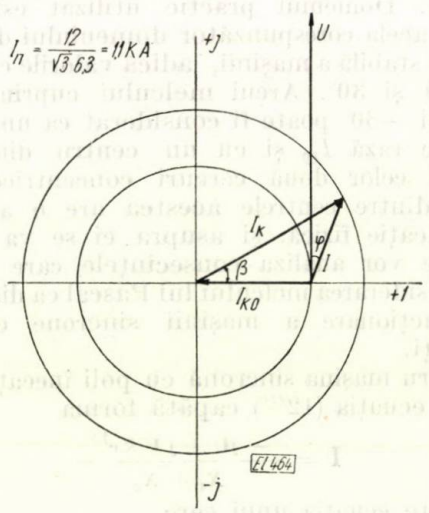


Fig. 3. Diagrama cercului pentru generatorul sovietic T2 — 12.

poli aparenți, fără să existe o justificare teoretică a construcției geometrice care stă la baza acestei metode. În figura 4 este redată construcția geometrică a metodei suedeze. Pe abscisă se poartă lungimea OB care reprezintă excitația pentru intensitatea nominală și $\cos\varphi = 0$. Însă OB nu este altceva decît membrul al doilea al ecuației (27) pentru $\beta = 0$. Prin

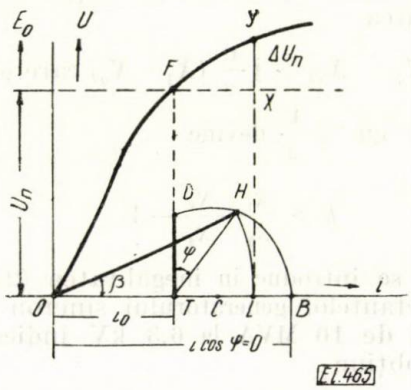


Fig. 4. Construcția principală a diagramei metodei suedeze.

punctul T a cărui abscisă reprezintă excitația la mers în gol, redată numeric de termenul al doilea al membrului întîi al ecuației (27), se duce perpendiculara $TD = 1{,}25\ \theta_a'$, în care θ_a' reprezintă amperspirele curentului de sarcină. Prin punctele D și B se duce un cerc cu centrul pe axa absciselor, în punctul C. Vectorul plecînd din origine și înclinat cu unghiul β față de abscisă întîlnește cercul care trece prin punctele D și B în punctul H. Coborîrea punctului H pe axa absciselor, așa cum se arată în figura 4, furnizează excitația necesară sarcinii aferente unghiului β. Este ușor de văzut corelația dintre figura 2 și figura 4, de unde rezultă și sensul fizic al coeficientului 1,25 cu care s-a înmulțit amperspirele indusului pentru a se obține vectorul TD.

S-a arătat că valoarea unghiului β determină valoarea sarcinii stabile a mașinii sincrone. Stabilitatea teoretică maximă este pentru $\beta = 45°$ (practic între 30 și 35°). Această sarcină maximă nu poate fi obținută la intensitatea nominală decît sub $\cos\varphi = 1$. În acest caz vectorul OD nu poate reprezenta decît amperspirele indusului, înmulțite cu un coeficient astfel ales încît să rezulte stabilitatea maximă teoretică.

Din figura 4 rezultă:

$$TD = OT \operatorname{tg}\beta_{max}$$

unde

$$TD = m \cdot J_n \qquad OT = I_{k0} \qquad \beta_{max} = 45°.$$

Pentru generatorul de 10 MVA la 6,3 kV se obține:

$$m \cdot 920 = 1\,100 \text{ de unde } m = 1{,}21$$

adică cu 4% mai puțin decît valoarea luată la construcția geometrică din figura 4.

Din cele arătate mai sus rezultă că metoda suedeză nu face altceva decît să considere melcul lui Pascal ca diagramă de funcționare

a maşinii sincrone cu poli aparenţi şi să utilizeze din această curbă, acea porţiune a melcului care poate să fie înlocuită cu un arc de cerc de rază N' şi cu centrul pe cercul de rază P'. Se constată însă că nu toate generatoarele sincrone au aceleaşi reactanţe relative, iar cum valorile curenţilor de scurtcircuit, care stau la baza construcţiei geometrice a metodei suedeze, au valori diferite, rezultă că metoda suedeză nu poate furniza rezultate riguros exacte.

Aşa de exemplu generatorul sincron cu poli aparenţi de fabricaţie sovietică tip CB-80 de 30 MVA la 11 kV avînd $X_1 + X_s = 83{,}6\,\%$ şi $X_q + X_s = 56{,}6\,\%$ are $I_{k0} = 2{,}35$ kA şi $I_n = 1{,}58$ kA aşa că $m = \frac{2{,}35}{1{,}58} = 1{,}48$, în timp ce generatorul CB-32 de 25 MVA la 10,5 kV $\cos\varphi_n = 0{,}8$ avînd ca reactanţe $X_1 + X_s = 145{,}7\,\%$ şi $X_q + X_s = 89{,}7\,\%$ are $I_{k0} = 1{,}24$ kA şi $I_n = 1{,}38$ kA, rezultînd deci $m = \frac{1{,}24}{1{,}38} = 0{,}9$.

Din aceste două exemple se poate constata că aplicarea directă a metodei suedeze nu putea duce decît la rezultate aproximative.

Din acest motiv în lucrarea (6) se indică diferite valori pentru coeficientul cu care se înmulţeşte amperspirele indusului, după tipul şi puterea maşinii. Prin justificarea arătată în prezentul studiu, se poate determina cu precizie valoarea coeficientului cu care urmează să se înmulţească amperspirele indusului, precum şi determinarea exactă a excitaţiei la $\cos\varphi = 0$. Folosind ecuaţia (12') se poate construi melcul lui Pascal luîndu-se în considerare şi rezistenţa ohmică a indusului şi deci implicit şi construcţia metodei suedeze cu considerarea rezistenţei ohmice a bobinajului.

Bibliografie

[1] *Hütte* 28 Auflage, IV A, Starkstromtechnik, Lichttechnik. Ernst u.S. Berlin, 1957, pag. 263–267.

[2] *Bödefeld T.* u. *Sequenz H.*: Elektrische Maschinen. IV-te Aufl. Springer-Verlag, Wien, 1949, pag. 249–252.

[3] *Antoniu, Ion S.* Chestiuni speciale de electrotehnică. Ed. Tehnică Bucureşti, 195, pag. 74.

[4] *Dimo P.* Analiza sistemelor electroenergetice, Bucureşti Edit. Tehnică, 1959.

[5] *Rziha* u. *Seidener.* Starkstromtechnik, Band. I. Ernst u.S. Berlin, 1930, pag. 454–457.

[6]. *Nürnberg W.* Die Prüfung elektrischer Maschinen. Springer – Verlag, Berlin, 1940, pag. 171.

Intrat în redacţie la 29.III.1962.

Unele probleme privind calculul şi construcţia maşinilor electrice de joasă tensiune în clase de izolaţie superioare clasei A

Virgil Lefter* – Bucureşti

CZ 621.313.045.1 : 621.315.614/616

Utilizarea în construcţia maşinilor electrice a materialelor electroizolante de clasă superioară clasei A, permite folosirea mai intensă a materialelor active: fierul şi cuprul, şi prin aceasta reducerea corespunzătoare a dimensiunilor generale de montaj al produselor respective.

În articol se arată cum se procedează la stabilirea valorilor densităţii de curent în conductoarele înfăşurărilor şi a valorii inducţiei în întrefier.

Se prezintă apoi, ca rezultat al utilizării mai raţionale a materialelor active prin folosirea clasei de izolaţie E, situaţia noii serii unitare de motoare asincrone pînă la 100 kW, în comparaţie cu vechea serie de motoare de aceleaşi puteri, comparaţia fiind făcută din punct de vedere al coeficientului de utilizare C_v.

În încheiere autorul arată unele măsuri constructive ce trebuie avute în vedere în cazul utilizării de materiale de clasă superioară clasei A, ţinîndu-se seama de temperaturile de regim admisibile în funcţionarea maşinilor electrice.

Progresele înregistrate în ultimul timp în construcţia maşinilor electrice se datoresc în primul rînd folosirii de materiale electroizolante, noi, cu proprietăţi superioare materialelor clasice de clasă A.

Introducerea materialelor electroizolante moderne, de clasă de izolaţie superioară clasei A, în construcţia maşinilor electrice, a făcut posibile:

a) creşterea solicitărilor în elementele active ale maşinii, respectiv în cupru (sau aluminiu) şi în fierul magnetic, şi prin acesta reducerea dimensiunilor de gabarit ale maşinilor electrice şi a greutăţii totale specifice (kg/kW);

b) creşterea siguranţei în funcţionarea maşinii prin:

— creşterea capacităţii de lucru a maşinilor la suprasarcini caracteristice exploatărilor în condiţii grele de lucru;

— păstrarea capacităţii de lucru a maşinilor în condiţii de mediu nefavorabil;

— posibilitatea realizării unor construcţii mai robuste din punct de vedere mecanic (atît

* V. LEFTER este inginer în Ministerul Metalurgiei şi Construcţiilor de Maşini.

pentru înfășurări cît și pentru ansamblul mașinii);

c) realizarea de sisteme de izolații care să funcționeze corespunzător în condiții de mediu (climat) cu solicitări cu totul deosebite de cele din climatul continental (temperat).

1. Alegerea solicitărilor electrice și magnetice la calculul mașinilor electrice realizate cu materiale electroizolante de clasă superioară clasei A

Utilizarea materialelor electroizolante de clasă superioară clasei A este posibilă fie păstrînd elementele constructive și miezul magnetic, urmărindu-se schimbarea performanței funcționale a mașinii, fie reproiectînd integral mașina, cum se întîmplă în cazul asimilării unor tipuri noi. În ambele cazuri trebuie să ținem seama de posibilitatea creșterii solicitărilor în cuprul și în fierul mașinii.

a. *Alegerea densității de curent*

Pentru stabilirea valorii densității de curent admisibile trebuie luate în considerație temperaturile limită ale claselor de izolație în care se încadrează materialele electroizolante folosite și temperatura maximă a înfășurării în timpul funcționării mașinii. În tabela 1 sînt indicate temperaturile limită ale claselor de izolație.

După cum se știe [1], temperatura maximă (θ_{max}) în înfășurările mașinilor electrice (înfășurări de tip repartizat, așezate în crestături) se poate calcula cu relația:

$$\theta_{max} = jA\rho\left[\left(1+\frac{p_{Fe}}{p_{Cu}}\right)\frac{1}{\alpha_{Fe}}+\frac{1}{\alpha_i}\right]+0{,}5\ \Delta\theta_a \quad (1)$$

Tabela 1

Clasa de izolație	Temperatura °C
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	180

în care:

j este densitatea de curent (A/cm²);
A — pătura de curent (A/cm);
ρ — rezistivitatea materialului conductorului folosit; la realizarea înfășurării (Ω cm);
p_{Fe} — pierderile în fier (watt);
p_{Cu} — pierderile în cuprul înfășurării (watt);
α_{Fe} — coeficientul de transmisie a căldurii (W/cm².°C) pentru miezul feromagnetic;
α_i — coeficientul de transmisie a căldurii (W/cm².°C) prin materialele electroizolante;
$\Delta\theta_a$ — variația temperaturii aerului de răcire de-a lungul înfășurării.

Pe de altă parte pătura de curent A se poate exprima prin:

$$A = \frac{2\,m\,w\,j\,s_{Cu}}{\pi\,D_{i\,(e)}} \quad (2)$$

unde:

s_{Cu} este secțiunea conductorului de bobinaj;
$D_{i\,(e)}$ — diametrul interior (exterior) al miezului feromagnetic în ale cărui crestături sînt așezate conductoarele înfășurării (stator respectiv rotor);
m — numărul de faze;
w — numărul de spire pe fază.

Introducînd această valoare în relația (1) se obține:

$$\theta_{max} = \frac{2\,mw}{\pi\,D_{i\,(e)}}\,j^2\,s_{Cu}\left[\left(1+\frac{p_{Fe}}{p_{Cu}}\right)\frac{1}{\alpha_{Fe}}+\frac{1}{\alpha_i}\right]+0{,}5\ \Delta\theta_a \quad (3)$$

Acționînd asupra densității de curent (j) și secțiunii de cupru (s_{Cu}) și neglijînd variația raportului $\frac{p_{Fe}}{p_{Cu}}$ și a temperaturii aerului de răcire ($\Delta\theta_a$), celelalte elemente rămînînd constante, relația (3) se poate scrie sub forma:

$$\theta_{max} = k\cdot j^2\cdot s_{Cu} \quad (4)$$

Luînd în considerare noua valoare admisibilă pentru θ_{max} în cazul înlocuirii materialelor electroizolante, valoarea densității de curent j poate fi modificată, dacă se mențin integral dimensiunile mașinii și secțiunea de cupru s_{Cu} corespunzătoare relației:

$$j_2 = j_1\sqrt{\frac{\theta_{max1}}{\theta_{max2}}}\,. \quad (5)$$

În tabela 2 se indică variațiile (în %) ce le-ar putea lua j, conform relației (5).

Tabela 2

	A	E	B	F	H
A	100	107	118	122	131
E	107	100	104	114	122
B	118	104	100	109	118
F	122	114	109	100	108
H	131	122	118	108	100

Trebuie remarcat că, acționîndu-se asupra creșterii încărcării cuprului, respectiv asupra densității de curent, pentru același caz al menținerii dimensiunilor mașinii, apar rezerve de putere.

Exprimînd puterea electrică aparentă (absorbită de motoare și debitată la generatoare) în funcție de densitatea de curent j și de secțiunea conductorului s_{Cu} prin:

$$P = \sqrt{3}\,U\,j\,s_{Cu} \quad (6)$$

rezultă că valoarea acesteia pentru noile temperaturi maxime admisibile va putea fi schim-

bată corespunzător variației densității de curent j.

În ceea ce privește puterile utile, acestea fiind :

$$\left.\begin{aligned} P_{ug} &= \sqrt{3}\, U I \cos\varphi \text{ (la generatoare)} \\ P_{um} &= \eta \cdot \sqrt{3}\, U I \cos\varphi \text{ (la motoare)} \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

ținîndu-se seama că pentru o construcție dată atît η cît și cos φ variază după curbe caracteristice date, cos φ crescînd o dată cu creșterea puterii, iar η rămînînd aproximativ constant, rezultă că în ambele cazuri considerate valoarea puterii utile se va schimba mai mult decît puterea aparentă.

De asemenea trebuie remarcat că prin utilizarea materialelor de clasă superioară clasei A la mașinile electrice de tensiune joasă, se pot reduce dimensiunile izolațiilor în crestătură (de exemplu grosimea tecii izolante) și prin aceasta se poate modifica secțiunea conductorului de bobinaj s_{Cu} de la valoarea s_{Cu1} la valoarea s_{Cu2}.

Ținînd seama că în acest caz (vezi relația 4) valoarea densității de curent maximă admisibilă j_2 pentru noile condiții (θ_{max2}, s_{Cu2}) se calculează cu ajutorul relației :

$$j_2 = j_1 \sqrt{\frac{\theta_{max2}}{\theta_{max1}} \cdot \frac{s_{Cu1}}{s_{Cu2}}}, \quad (8)$$

puterea electrică aparentă va putea avea o valoare și mai mare P_2, dată de

$$P_2 = P_1 \sqrt{k_{sCu} \frac{\theta_{max2}}{\theta_{max1}}}, \quad (9)$$

unde $k_{sCu} = \dfrac{s_{Cu2}}{s_{Cu1}}$.

În mod similar se stabilesc și puterile active utile, cu aceleași observații referitoare la noile rezultate pentru cos φ și η.

În tabela 3 sînt date spre exemplificare rezultatele obținute prin schimbarea clasei de izolație în clasă H de la clasă B, respectiv E, la motoare asincrone de joasă tensiune la care s-au păstrat integral elementele constructive și miezul magnetic [2].

La proiectarea mașinilor noi utilizînd materiale electroizolante de clasă superioară clasei A, valoarea densității de curent j stabilește conform relației (5), pusă sub forma :

$$j = j_A \sqrt{\frac{\theta_{max}}{105}} \quad (10)$$

j_A fiind valoarea densității de curent recomandată în cazul utilizării materialelor electroizolante de clasă de izolație A.

b. *Alegerea solicitărilor magnetice*

Alegerea unor noi solicitări în circuitul magnetic, la folosirea de materiale electroizolante de clasă superioară clasei A, intervine ori de cîteori se schimbă înfășurarea unei mașini, schimbîndu-se și datele constructive ale acesteia (numărul de spire), precum și atunci cînd se execută proiectul unei mașini noi.

Ținînd seamă de creșterea admisibilă a solicitării în înfășurări (densitatea de curent j) și de creșterea corespunzătoare pierderilor în cupru (p_{Cu}), cum randamentul η al mașinilor realizate în clasă de izolație superioară se menține la valori apropiate de cele realizate și cu materiale de clasă A, se recomandă ca și raportul $\dfrac{p_{Fe}}{p_{Cu}}$ să se mențină la aceeași valoare.

În aceste condiții, avîndu-se în vedere și relația (3), la creșterea limitei temperaturii maxime admisibile (prin utilizarea de materiale electroizolante de clasă superioră) se poate stabili că pierderile în fier (p_{Fe}) pot fi crescute proporțional cu θ_{max}, așa cum cresc de altfel și pierderile în cupru (p_{Cu}), respectiv se poate scrie :

$$p_{Fe} = k_{Fe} \cdot \theta_{max}. \quad (11)$$

Cum pierderile în fier pot fi exprimate în funcție de inducția în întrefier B_δ prin relația aproximativă :

$$p_{Fe} \cong k_{Fe} \cdot B_\delta^2, \quad (12)$$

rezultă că la utilizarea de materiale electroizolante de clasă superioară clasei A, inducția în întrefier poate fi stabilită la valori mai mari decît în cazul folosirii materialelor de clasă A.

Tabela 3

Exemplul nr.	n_s rot/min	(1) Situația inițială			(2) Situația finală			$100 \dfrac{P_2}{P_1}$ %
		Clasa de izolație	P_1 (kW)	θ_{max} (°C)	Clasa de izolație	P_2 (kW)	$\Delta\theta_{Cu}$ (°C)	
1	3 000	B	30	77	H	42	100	140
2	1 500	E	100	65	H	140	95	127
3	1 500	E	30	70	H	42	113	140
4	1 000	E	22	72	H	30	125	136

Noile valori ale inducției în întrefier ținînd seama de relația (11) și (12) pot fi calculate cu relația :

$$B_{\delta 2} = k_B \cdot B_{\delta 1} \sqrt{\frac{\theta_{max2}}{\theta_{max1}}} \quad (13)$$

unde k_B este un factor care ține seama de diferența ($\theta_{max2} - \theta_{max1}$) și poate lua valorile :

$$k_B = 1{,}0 \ldots 1{,}3 \qquad (14)$$

În cazul utilizării de materiale electroizolante de clasă H, dacă valorile $B_{\delta 1}$ și θ_{max1} se referă la clasa A de izolație, pentru coeficientul k_B se poate alege valoarea $k_B = 1{,}3$ [2].

În cazul mașinilor electrice la care schimbarea clasei de izolație a materialelor se face păstrînd elementele circuitului magnetic, prin faptul că inducția în întrefier (B_δ) poate fi sporită pînă la valoarea indicată de relația (13), rezultă că la stabilirea noii secțiuni a conductoarelor înfășurării se poate avea în vedere posibilitatea reducerii numărului de conductoare în crestătură, respectiv a numărului de spire ale înfășurării pînă la valoarea dată de raportul :

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{1}{k_B}\sqrt{\frac{\theta_{max1}}{\theta_{max2}}}\,. \qquad (15)$$

Prin aceasta constructorul are posibilitatea alegerii unor valori cît mai convenabile pentru solicitările în fier (B_δ) și în înfășurări (j).

În cazul mașinilor electrice noi, care se proiectează pentru folosirea de materiale electroizolante de clasă superioară clasei A, alegerea unor valori sporite pentru solicitările în diferitele porțiuni ale circuitului magnetic face posibilă adoptarea unor dimensiuni mai mici pentru circuitul magnetic (diametrul D_a și lungimea activă L_a — din figura 1), și prin aceasta duce la consumuri mai mici de materiale active și de construcție. La stabilirea acestor dimensiuni, constructorul trebuie să aibă în vedere pe de o parte realizarea unor dimensiuni de montaj convenabile, iar pe de altă parte o corectă distribuire a spațiului în mașină, asigurîndu-se atît răcirea cît și distanțele de izolație. O apreciere a utilizării spațiului în

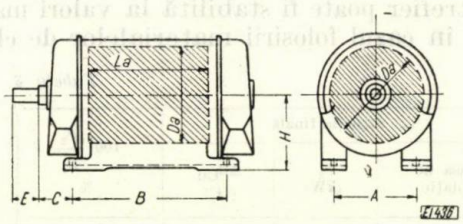


Fig. 1. Dimensiunile de montaj și dimensiunile miezului feromagnetic ale unui motor asincron cu rotor în scurtcircuit.

cadrul dimensiunilor alese, se poate face cu ajutorul coeficientului de utilizare :

$$C_g = \frac{P}{(2H)^2\,(2C + B)}\ (\mathrm{kW/m^3}) \qquad (16)$$

unde H, C și B au semnificația din figura 1, [3] [4].

În țara noastră cu ocazia asimilării seriei noi unitare de motoare asincrone trifazate avînd puterile cuprinse între 0,6 kW și 100 kW, folosindu-se materiale electroizolante de clasă E, s-au stabilit pentru aceste motoare dimensiuni de montaj reduse comparativ cu acelea ale seriei vechi de motoare asincrone. În tabela 4 sînt date valorile coeficientului de utilizare C_g, definit prin relația (16) pentru seria veche de motoare fabricată în țară și pentru seria nouă asimilată și avînd dimensiuni de montaj corespunzătoare recomandărilor CEI.

Din examinarea acestei tabele rezultă că în cadrul noii serii de motoare spațiul interior este mult mai bine folosit decît în cadrul vechii serii de motoare.

Tabela 4

Seria veche		Seria nouă	
P(kW)	$C_g = \frac{P}{(2H)^2\,(2C+B)}$	P(kW)	$C_g = \frac{P}{(2H)^2\,(2C+B)}$
—	—	0,8	117
1	96	—	—
—	—	1,1	144
—	—	1,5	157
1,7	94	—	—
—	—	2,2	206
2,8	136	—	—
—	—	3,0	236
—	—	4,0	286
4,5	105	—	—
—	—	5,5	248
7	144	—	—
—	—	7,5	304
10	130	10	248
—	—	13	300
14	130	—	—
—	—	17	273
20	156	—	—
—	—	22	279
28	219	—	—
—	—	30	351
40	171	40	248
55	235	55	321
75	194,5	75	325
100	260	100	404

2. Măsuri constructive

În cazul utilizării materialelor de clasă de izolație superioară, datorită temperaturilor atinse în funcționarea mașinii, trebuie luate de asemenea o serie de măsuri constructive.

Una din cele mai importante probleme ce trebuie rezolvată de constructor este asigurarea răcirii, respectiv a ventilației mașinii. În cazul mașinilor de construcție închisă, disiparea energiei calorice rezultată din pierderile în cupru și fier făcîndu-se în cea mai mare parte prin carcasă, la stabilirea diametrului tolei trebuie avută în vedere dimensiunea aripioarelor de răcire. Datorită solicitărilor mai mari alese în înfășurări și în fier, dimensionarea judicioasă a suprafețelor de transmitere în ex-

terior a energiei calorice capătă o importanță deosebită în cazul mașinilor realizate în clase de izolație superioare, cu atît mai mult cu cît se pot forma zone cu supraîncălziri locale ridicate.

La dimensionarea lagărelor și alegerea sistemului de ungere trebuie de asemenea avute în vedere temperaturile ce se stabilesc la funcționare (temperatura carcasei, a axului). În cazul mașinilor realizate în clasa H de exemplu se recurge la răcirea forțată a lagărelor și în orice caz la utilizarea de unsori speciale.

Datorită temperaturilor atinse în funcționare, precum și variațiilor de temperatură ce apar la schimbarea regimurilor de lucru, respectiv de la sarcină la gol (sau deconectare) în cazul mașinilor considerate, trebuie ținut seama, la stabilirea jocurilor dintre elementele care se asamblează, de dilatările unor subansamble în limite mai largi decît în cazul mașinilor realizate în clasa de izolație A, pentru a se evita blocări sau dereglări în funcționare.

3. Concluzii

În țara noastră, realizarea mașinilor electrice de joasă tensiune, în clasă de izolație superioară clasei A, s-a pus o dată cu asimilarea seriei noi de motoare asincrone trifazate de puteri cuprinse între 0,6 kW și 100 kW.

În primul caz, fiind vorba de o serie de motoare complet noi, în proiectare, s-a ținut seamă, după cum s-a arătat mai sus, de condiția realizării produselor în clasa de izolație E, precizată prin temă, recurgîndu-se la definitivarea calculelor după executarea și încercarea completă a unor prototipuri experimentale.

În al doilea caz, pentru ca mașinile din fabricația curentă, dimensionate pentru condițiile climatice din țara noastră (temperatura medie + 35°C), să poată funcționa în condiții bune într-un mediu tropical umed (temperatura medie a aerului + 45°C), s-a recurs la schimbarea clasei de izolație A în clasa E, respectiv B, realizîndu-se astfel rezerva de încălzire la funcționarea în sarcină, în exploatare.

Utilizarea rațională a materialelor electroizolante de clasă superioară clasei A de izolație în construcția mașinilor electrice necesită o analiză atentă din partea constructorului pentru stabilirea solicitărilor optime și dimensionarea economică a mașinii în ansamblul ei. Această operație poate fi făcută numai cunoscîndu-se cît mai complet caracteristicile materialelor, asigurîndu-se existența unui sortiment cît mai complet și examinîndu-se în detaliu distribuția temperaturilor în mașină.

Bibliografie

[1] *Postnikov I. M.* — Proiectarea mașinilor electrice (trad. din limba rusă), Editura Energetică de Stat — 1954, p. 148.

[2] *Kallas H.* — Erfahrungen mit Silikonen im Elektromaschinenbau. Elektrotechnik und Maschinenbau (E.u.M.), **74** nr. 15/16, p. 335—345, 1957.

[3] *Geigermüller K.* — Wachsturmsgeretze und IRC — Aubaurnassnormen von Kurzschlussläufer-Motoren. Conti Elektro-Berichte, nr. 5, 1959, p. 3—13.

[4] *Billege L.* — Az IEC szerinti, uj motorsorozat tervezésének alapelvei. Elektrotechnika **53**, 1960, nr. 12, p. 546—557.

Intrat în redacție la 9.V.1962.

Ridicarea caracteristicilor mecanice pe cale electrică la întreruptoarele de înaltă tensiune

Balázs Mathé, Ștefan Ogrezeanu și Aurel Pănoiu* — Craiova

CZ 621.316.57.067.5

Caracteristicile mecanice ale întreruptoarelor de înaltă tensiune au o deosebită influență asupra siguranței lor în exploatare, capacității de comutație și supratensiunilor provocate. Metodologia și aparatura folosite la ridicarea acestor caracteristici reclamă deci multă precizie. Deoarece pînă în prezent metodologia de verificare și măsurare este lăsată la latitudinea celor care execută asemenea încercări, în lucrare autorii prezintă experiența acumulată la încercarea acestor dispozitive.

Siguranța în funcționare, capacitatea de comutație, supratensiunile provocate de un întreruptor de înaltă tensiune sînt, într-o măsură, determinate de timpii de manevră, vitezele și accelerațiile mecanismului cinematic, lucrul mecanic de anclanșare și declanșare etc.

În consecință, verificarea calității întreruptorului (calității executării pieselor din ansamblul întreruptor-dispozitiv de acționare și a reglajului final) trebuie să se facă prin metode, scheme și dispozitive de măsură concludente de mare precizie. Totodată, pentru perfecționarea echipamentului electric sînt necesare nu numai calcule laborioase în această direcție,

* Colectiv de ingineri de la uzinele „Electroputere" — Craiova.

dar în primul rînd experimentări amănunțite. Totuși, nici STAS 3686—53 („Întreruptori automați în ulei pentru tensiuni alternative nominale peste 1 kV — Condiții generale —") nici STAS 4195—53 („Dispozitive pentru acționarea întreruptoarelor de înaltă tensiune"), nu conțin metode pentru verificarea și măsurarea acestor mărimi lăsîndu-le la latitudinea executanților de probe din care cauză în acest domeniu circulă multe date neautentice și neechivalabile.

În cele ce urmează s-a căutat să se prezinte experiența acumulată în uzină la încercarea acestor dispozitive.

Ridicarea caracteristicilor cinematice

Închiderea și deschiderea întreruptorului se face cu o anumită viteză, de care depinde stingerea arcului, posibilitatea efectuării unor cicluri de reanclanșare, amortizarea mișcării echipajului mobil etc. Caracteristicile cinematice stabilesc condițiile în care dispozitivul

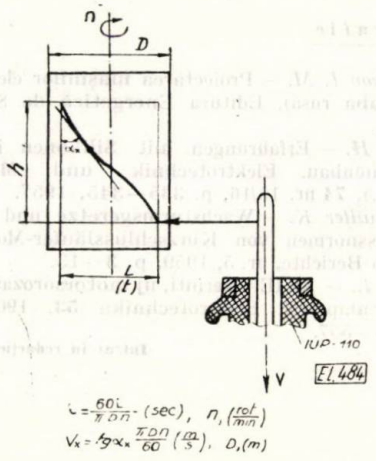


Fig. 1. Înregistratorul cu tambur.

de acționare execută anclanșarea, declanșarea sau reanclanșarea automată a întreruptorului. Deci, capacitatea de lucru a unui dispozitiv de acționare trebuie să se refere neapărat la anumite caracteristici cinematice bine precizate. Determinarea acestor caracteristici se face fie prin acționarea întreruptorului în gol, fie în același timp cu determinarea performanțelor de rupere.

Acționarea întreruptorului la determinarea caracteristicilor cinematice se face la diferite valori ale tensiunii de alimentare, presiunii aerului operativ, tensionării resortului de acumulare a energiei sau a resoartelor de declanșare etc. Încercările se execută în diferite condiții de reglare a sistemului cinematic.

În cadrul acestor încercări se ridică cursa contactelor mobile în funcție de timp $h = f_1(t)$, unghiul de rotire a axului motor în funcție de cursa liniară a contactelor $\alpha = f_2(h)$, viteza și accelerația echipajului mobil în funcție de timp și de cursa contactelor $v = f_3(t)$, $v = f_4(h)$, $a = f_5(t)$, $a = f_6(h)$, precum și timpii de acționare (timpi proprii, timpi de mișcare, pauze de curent etc.).

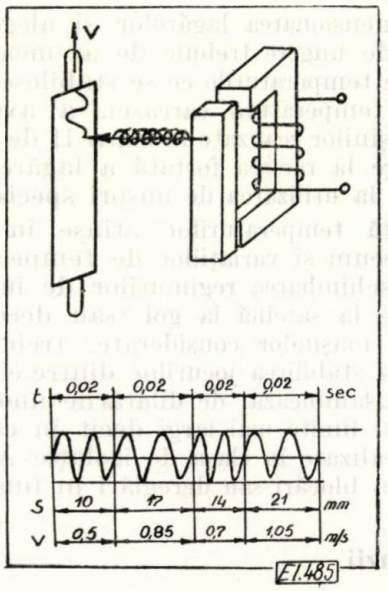


Fig. 2. Vibrograful.

Înregistrările și determinările mărimilor de mai sus se execută cu ajutorul unor dispozitive și scheme cum sînt cele reprezentate în figurile 1, 2, 3 și 4, dispozitive și scheme care pot fi folosite cu succes și la reviziile efectuate la locul de montaj și exploatare.

În figurile 5, 6, 7 se dau cîteva din rezultatele măsurătorilor efectuate cu ajutorul acestor dispozitive.

Pentru a mări precizia măsurării și pentru a micșora volumul calculelor intermediare s-a folosit un dispozitiv pentru înregistrarea continuă a cursei, vitezei și accelerației contactelor mobile. Dispozitivul se compune dintr-un traductor, circuite de derivare și amplificare

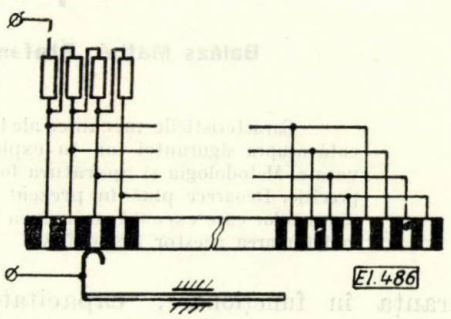


Fig. 3. Înregistratorul cu ploturi.

și un înregistrator (oscilograf magneto-electric etc.).

Traductorul poate fi un fir rezistiv continuu așa cum se arată în figura 8 sau cu coloană

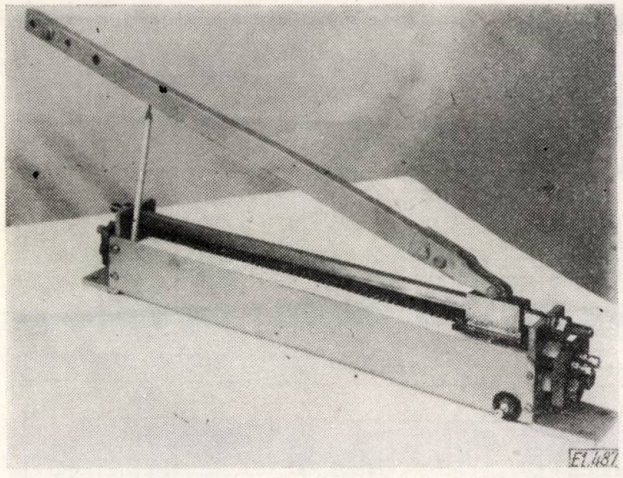


Fig. 4. Înregistratorul cu ploturi.

rezistivă de lichid (Hg, Na_2CO_3 etc.), în care caz nu mai apare inconvenientul imperfecției contactului fir-cursor [1].

Dependența liniară dintre cursă și tensiunea măsurată (fig. 8) se obține dacă:

$$\frac{I}{i} = 40 \ldots 50 \qquad (2)$$

Precizia crește dacă se folosește un amplificator de curent continuu montat între traductor și înregistrator. În oscilogramele din

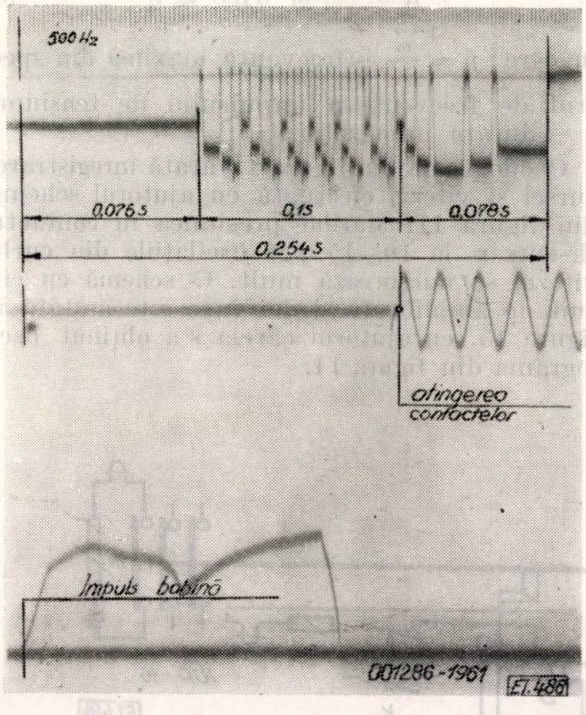


Fig. 5. Oscilograma închiderii întreruptorului IUP—15 acționat cu dispozitivul DRI, ridicată cu ajutorul înregistratorului cu ploturi.

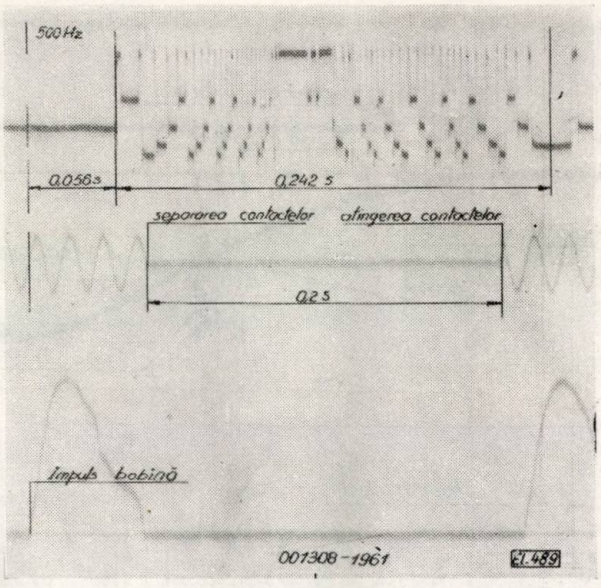


Fig. 6. Ciclul RAR efectuat de întreruptorul IUP — 15 cu DRI.

figurile 9 și 10 sînt înregistrate cursele la deschidere pentru două întreruptoare cu ulei puțin, fabricate la uzina Electroputere, efectuate cu

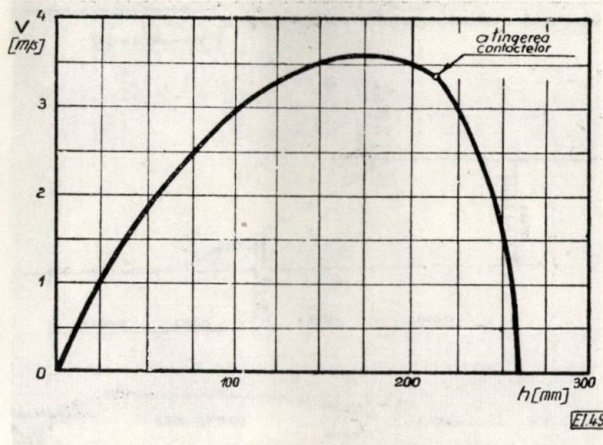


Fig. 7. Curba $v = f(h)$ ridicată la întreruptorul IUP — 15 acționat cu dispozitivul DRI.

ajutorul unui traductor cu fir și un amplificator de curent continuu.

Pentru înregistrarea directă a vitezei s-a folosit un circuit RC montat ca în schema din

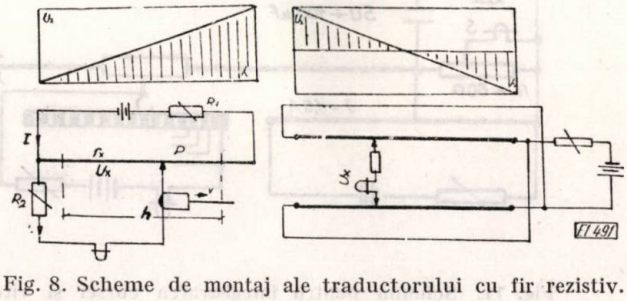


Fig. 8. Scheme de montaj ale traductorului cu fir rezistiv.

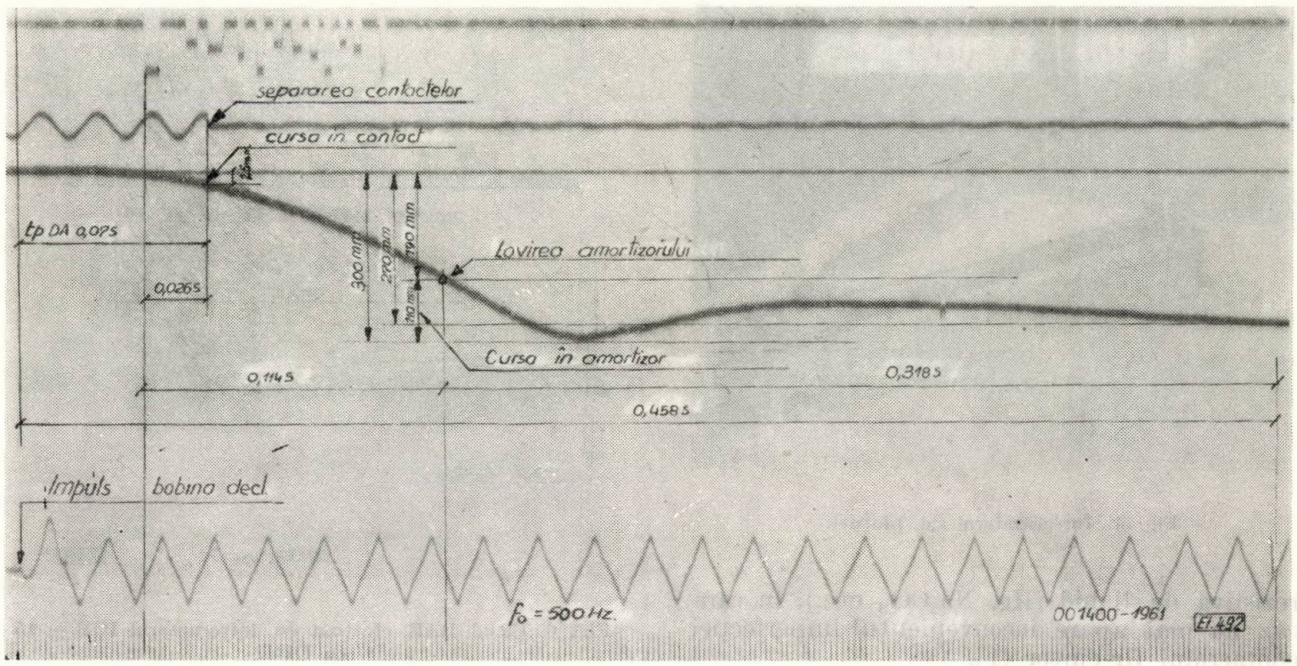


Fig. 9. Înregistrarea cursei, curba $h = f(t)$, la deschiderea întreruptorului IUP — 15 cu ajutorul traductorului cu fir.

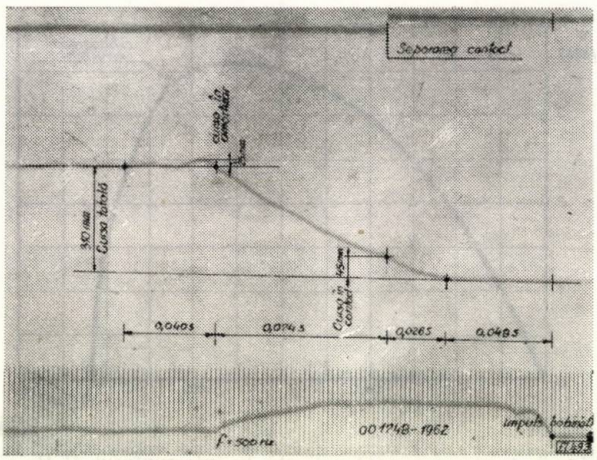


Fig. 10. Înregistrarea cursei, curba $h=f(t)$, la deschiderea unui întreruptor cu ulei puțin de 35 kV cu ajutorul traductorului cu fir.

figura 11. Dacă mărimea de intrare este proporțională cu cursa, atunci mărimea de ieșire reprezintă, cu o anumită eroare, viteza contactelor mobile. Eroarea se poate determina; ea poate fi micșorată dacă:

$$R \ll \frac{1}{\omega C} \text{ și } 3RC \ll t_i \qquad (3)$$

în care: $f = \frac{\omega}{2\pi}$ — frecvența maximă din spectrul de frecvențe a impulsului de tensiune; t_i — durata impulsului.

Oscilograma din figura 12 arată înregistrarea cursei și vitezei efectuată cu ajutorul schemei din figura 11. Mărind presiunea în contactul fir-cursor la 10—15 kgf oscilațiile din curba vitezei se micșorează mult. O schemă cu circuit de amplificare și derivare este arătată în figura 13, cu ajutorul căreia s-a obținut oscilograma din figura 14.

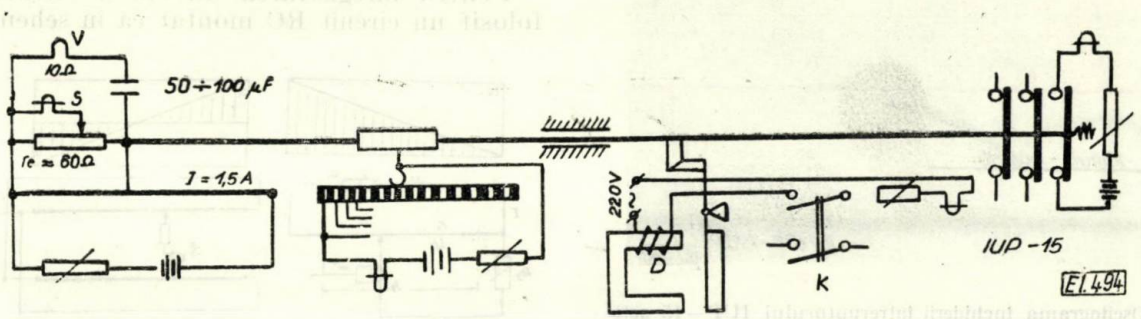


Fig. 11. Schema pentru înregistrarea cursei și vitezei cu ajutorul traductorului cu fir și a unui circuit RC.

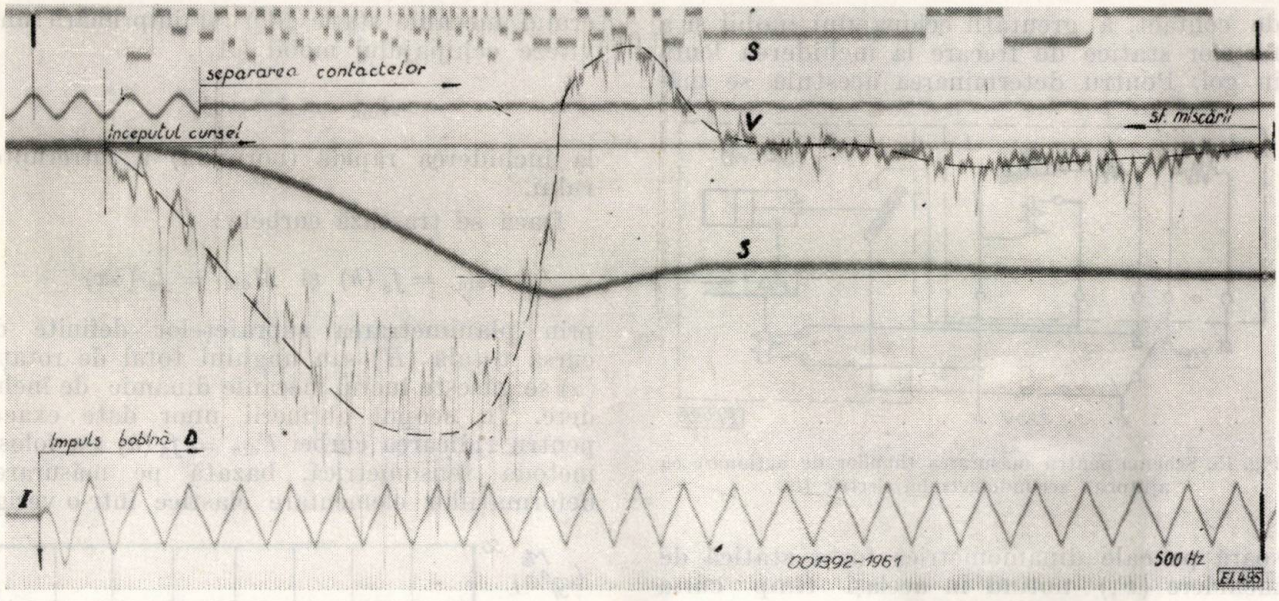


Fig. 12. Înregistrarea cursei și vitezei la deschiderea întreruptorului IUP—15 cu ajutorul schemei din figura 11.

Pentru înregistrarea și măsurarea acceleraţiei contactelor mobile sau a altor piese din ansamblul întreruptor-dispozitiv de acționare se poate folosi încă un circuit de derivare (luînd ca mărime de intrare un semnal proporţional cu viteza), sau se pot folosi traductoare piezoelectrice [4].

Timpii de acționare se măsoară precis și complet (pentru diferite momente ale manevrei) folosind înregistrarea oscilografică așa cum se arată în figurile 5, 6, 9 și 10. Pentru măsurări mai sumare se folosește un secundometru. Schema de măsurare trebuie să asigure marcarea momentelor între care se măsoară timpul cerut. De exemplu: pentru măsurarea timpului de la darea impulsului de comandă pînă la atingerea contactelor la un întreruptor IUP—110 s-a folosit schema din figura 15; valorile măsurate se dau în tabela 1.

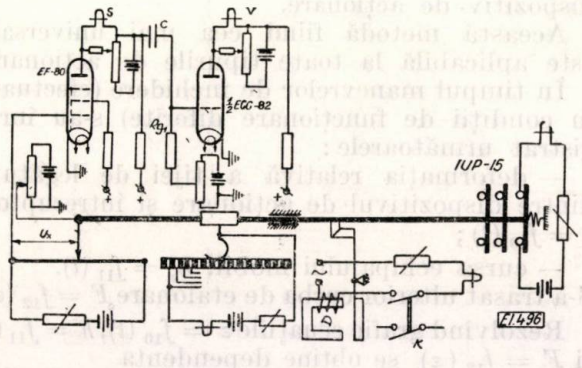


Fig. 13. Schema pentru înregistrarea cursei și vitezei folosind un traductor cu fir și un circuit de derivare și amplificare.

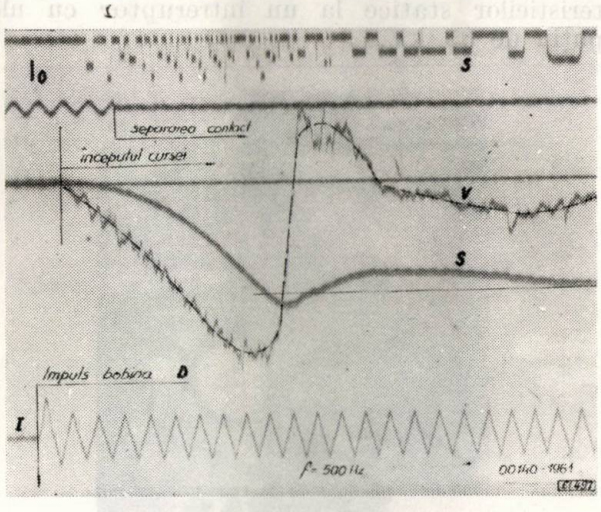


Fig. 14. Înregistrarea cursei și vitezei la deschiderea întreruptorului IUP—15 cu ajutorul schemei din figura 13.

Tabela 1

Pat/t sec.	IUP—110 kV, închidere
0,85 PN 3,82 at	0,145 — 0,175
1,00 PN 4,50 at	0,135—0,158
1,15 PN 4,95 at	0,110—0,130

Lucrul mecanic de închidere

Lucrul mecanic static de închidere (A_s) este lucrul mecanic necesar pentru învingerea rezistenței resoartelor de declanșare și a celor

de contact, a greutății echipajului mobil și a forțelor statice de frecare la închiderea lentă în gol. Pentru determinarea acestuia se mă-

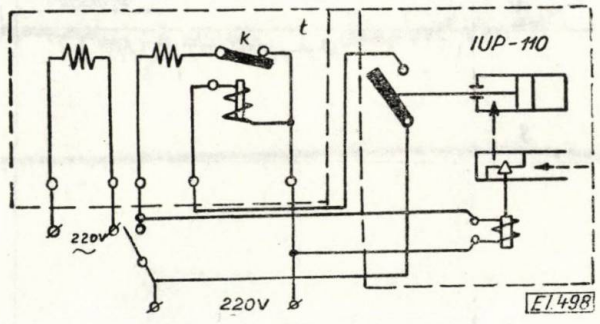


Fig. 15. Schema pentru măsurarea timpilor de acționare cu ajutorul secundometrului electric (t).

soară pe cale dinamometrică forța statică de închidere (F_s) notînd în același timp cursa liniară a contactelor mobile (h) sau cursa unghiulară a axului motor (αx). În figura 16 este arătat montajul pentru ridicarea caracteristicilor statice la un întreruptor cu ulei puțin de 35 kV.

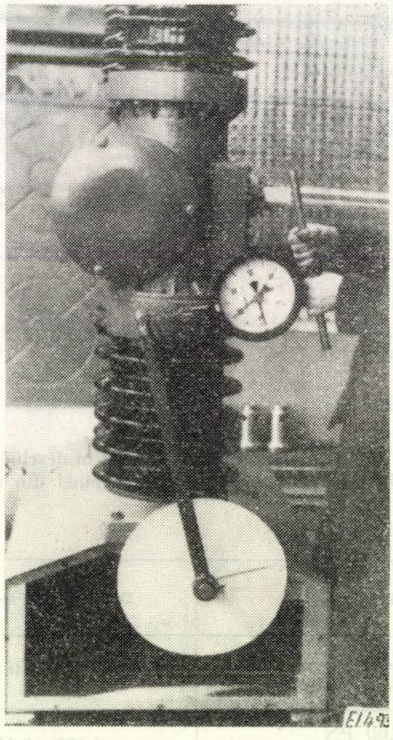


Fig. 16. Ridicarea caracteristicilor statice la întreruptoarele cu ulei puțin de 35 kV.

Din curba $M_s = f_7(\alpha x)$ de genul celor din fig. 17) se găsește prin planimetrare lucrul mecanic static de închidere (A_s).

Lucrul mecanic dinamic de închidere este lucrul mecanic necesar pentru acoperirea lucrului mecanic static (A_s) și imprimării unei viteze echipajului mobil (A_1),

$$A_{din} = A_s + A_1$$

la închiderea rapidă (normală) a întreruptorului.

Dacă se trasează curbele:

$$F_{din} = f_8(h) \text{ și } M_{din} = f_9(\alpha x)$$

prin planimetrarea suprafețelor definite de cursa totală (H) sau unghiul total de rotație (α) se găsește lucrul mecanic dinamic de închidere. În scopul obținerii unor date exacte pentru ridicarea curbei $F_{din} = f_8(h)$ s-a folosit metoda tensometrică, bazată pe măsurarea deformațiilor elementare elastice într-o verigă

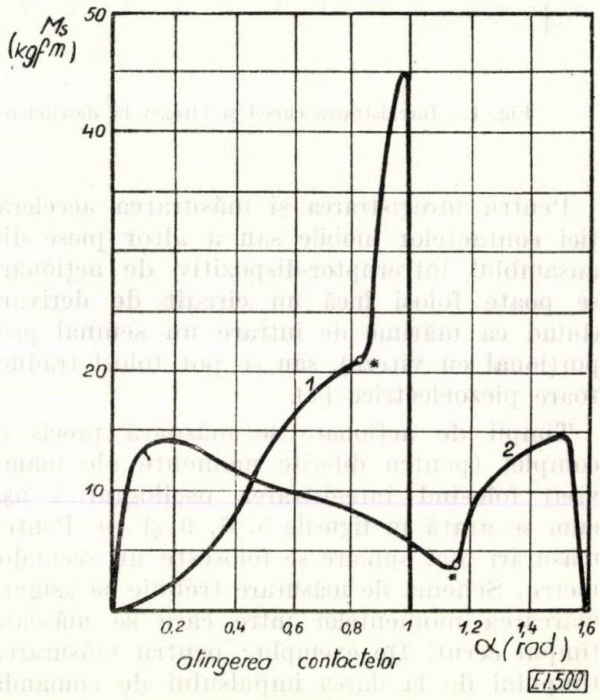


Fig. 17. Curba $M_s = f(\alpha)$:
1 – pentru întreruptorul IUP–15 (15 kV, 600A) A_s = 14 kgfm; 2 – pentru întreruptorul IS–1 000 (36 kV 1 250 A) A_s = 10,5 kgfm.

din lanțul cinematic al ansamblului întreruptor-dispozitiv de acționare.

Această metodă fiind cea mai universală este aplicabilă la toate tipurile de acționare.

În timpul manevrelor de închidere (efectuate în condiții de funcționare diferite) s-au înregistrat următoarele:

– deformația relativă a tijei de legătură dintre dispozitivul de acționare și întreruptor, $\varepsilon = f_{10}(t)$;

– cursa echipajului mobil, $h_x = f_{11}(t)$.

S-a trasat ulterior curba de etalonare $F = f_{12}(\varepsilon)$.

Rezolvînd grafic ecuațiile $\varepsilon = f_{10}(t)$, $h = f_{11}(t)$ și $F = f_{12}(\varepsilon)$ se obține dependența

$$F_{din} = f_8(h)$$

În figurile 18, 19, 20 și 21 sînt arătate schema și rezultatele măsurătorilor efectuate în acest scop asupra întreruptorului IUP—15 (15 kV — 600 A).

Pe lîngă metoda tensometrică utilizabilă la orice tip de dispozitiv, metoda folosind tra-

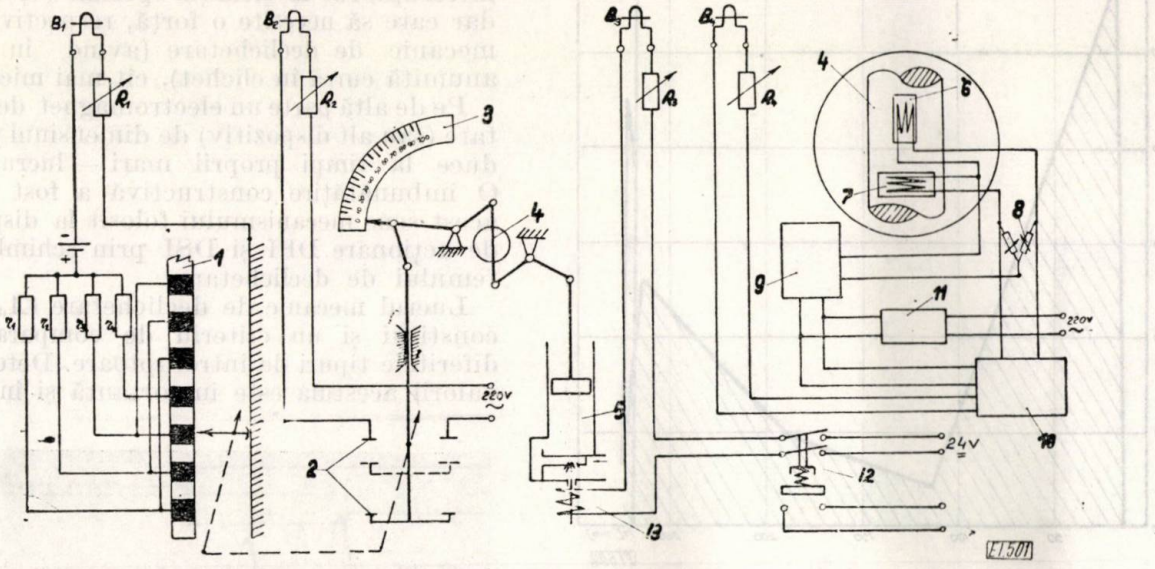


Fig. 18. Schema pentru studiul caracteristicilor mecanice la întreruptorul IUP—15 :

1 — înregistrator de cursă ; *2* — întreruptorul de studiat ; *3* — indicatorul cursei unghiulare ; *4* — tija de legătură dintre întreruptor și dispozitivul de acționare ; *5* — dispozitivul de acționare (DPI) ; *6, 7* — traductor cu rezistență ; *8* — decada de rezistențe ; *9* — oscilator 1 500 Hz ; *10* — amplificator ; *11* — bloc de alimentare ; *12* — buton de comandă ; *13* — electroventil ; $B_1 - B_4$ — buclele oscilografului magnetoelectric ; R_1, R_2, R_3, R_4 — rezistențe de ajustare.

ductoare de presiune (inductive și piezoelectrice) este cunoscută. Această metodă poate fi aplicată la dispozitive de acționare pneu-

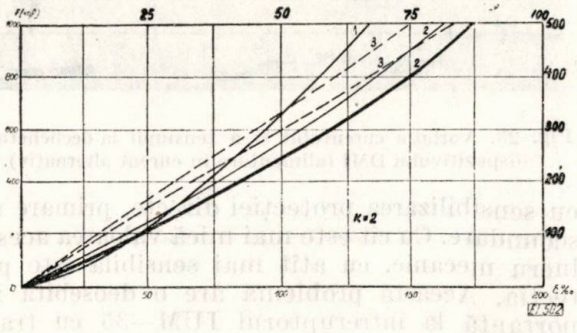


Fig. 19. Curba de etalonare $F = f\ (\varepsilon)$:

1 — ridicata la mașina de tracțiune și măsurata pe cale mecanică (extensometru) ; *2* — ridicata la mașina de tracțiune și măsurată simultan pe cale electrică (traductor cu rezistență) ; *3* — ridicată analitic $\left(\Delta L = \frac{FL}{ES_0} \text{ și în ipoteza liniarității} \right)$; *4* — K, constanta traductoarelor folosite $\left(\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta L}{L} \right)$.

matice (de exemplu DPI) și se bazează pe înregistrarea variației presiunii din cilindru avînd în vedere dependența liniară dintre forța de acționare și valorile instantanee ale presiunii. La dispozitive solenoidale (de tipul DSI) lucrul mecanic dinamic de închidere s-a dedus din măsurători directe (prin bucla de putere) și indirecte ale energiei consumate în timpul ma-

nevrei întreruptorului. De exemplu, pentru întreruptorul IUP—15 (15 kV — 600A) valoarea (măsurată prin această metodă) a lucrului mecanic total la închiderea normală în gol (suma componentelor : lucrul mecanic static, lucrul mecanic dinamic, lucrul mecanic consumat de dispozitivul de acționare, la un anumit randament al transmisiei forței de închidere de la dispozitivul de acționare la întreruptor) este : $A_t = 46$ kgfm.

Lucrul mecanic total maxim de închidere poate fi evaluat pe cale teoretică [5] pe baza determinărilor experimentale inițiale de mai sus. Pentru determinarea experimentală a componentelor suplimentare ale lucrului mecanic de închidere (ca lucrul mecanic pentru învingerea forțelor electrodinamice la închiderea pe scurtcircuit, lucrul mecanic consumat de

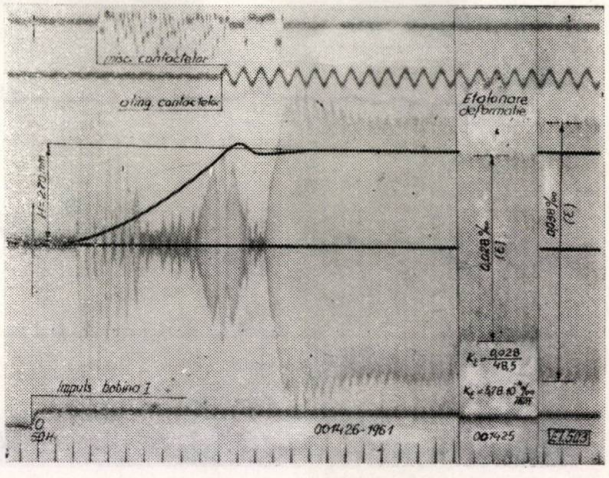


Fig. 20. Înregistrarea deformațiilor tijei de legătură dintre IUP—15 și DPI la manevra de închidere.

însuși dispozitivul de acționare, pierderile în mecanismul de cuplare) este necesar să se elaboreze pe viitor, metode simple ușor adaptabile la ansamblul întreruptor-dispozitiv de acționare.

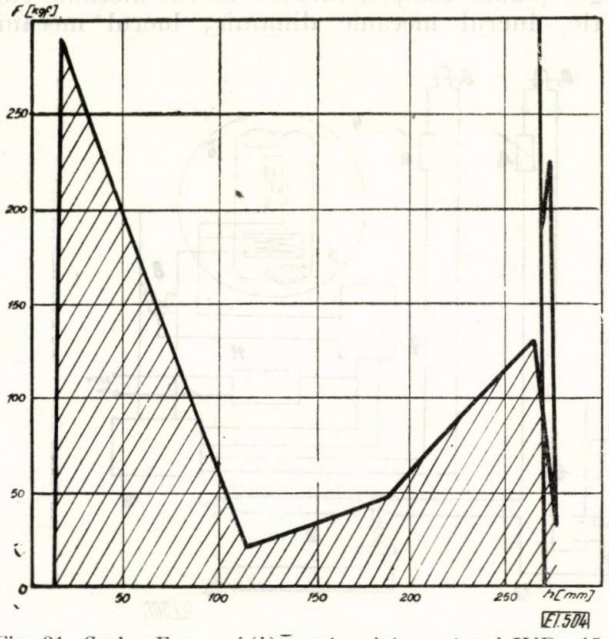


Fig. 21. Curba $F_{din} = f(h)$ pentru întreruptorul IUP—15; $A_{din} = 27{,}5$ kgfm.

Lucrul mecanic de declichetare

Pentru a îmbunătăți caracteristicile cinematice ale întreruptorarelor, de obicei, se întăresc resoartele de declanșare și de contact. Această tendință duce la creșterea sarcinii asupra mecanismului de zăvorîre a dispozitivului de acționare. În afară de aceasta, creșterea curenților de scurtcircuit din rețele duce la eforturi electrodinamice mai mari care, de asemenea, îngreunează procesul de declichetare al întreruptorului.

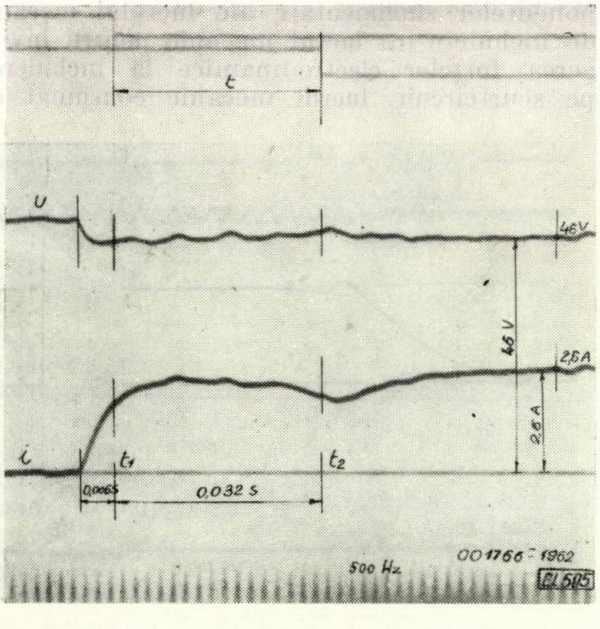


Fig. 22. Variația curentului și a tensiunii la declichetarea dispozitivului DMI (alimentare în curent continuu).

Trebuie găsită soluția constructivă pentru sistemul de zăvorîre, care să mențină închis întreruptorul în situații speciale (vibrații etc.) dar care să necesite o forță, respectiv un lucru mecanic de declichetare (avînd în vedere o anumită cursă în clichet), cît mai mică.

Pe de altă parte un electromagnet de declichetare (sau alt dispozitiv) de dimensiuni prea mari duce la timpi proprii mari — lucru nedorit. O îmbunătățire constructivă a fost adusă în acest sens mecanismului folosit la dispozitivele de acționare DPI și DSI prin schimbarea sistemului de declichetare.

Lucrul mecanic de declichetare (A_{decl}) poate constitui și un criteriu de comparație între diferitele tipuri de întreruptoare. Determinarea valorii acestuia este importantă și în legătură

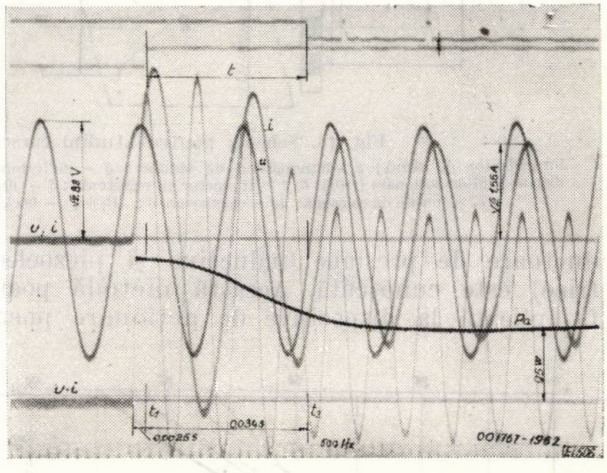


Fig. 23. Variația curentului și a tensiunii la declichetarea dispozitivului DMI (alimentare în curent alternativ).

cu sensibilizarea protecției directe, primare sau secundare. Cu cît este mai mică valoarea acestui lucru mecanic, cu atît mai sensibilă este protecția. Această problemă are o deosebită importanță la întreruptorul IUM—35 cu transformatoarele montate direct pe bornele de trecere și acționat prin dispozitivul de tip DMI (folosirea curentului operativ alternativ pentru declanșarea automată).

Determinarea lucrului mecanic de declichetare s-a efectuat în laborator, după înregistrarea tensiunii, curentului și puterii absorbite, prin metoda grafoanalitică. Pozițiile de „începutul cursei" și „declichetat" sînt marcate prin semnale date de contacte auxiliare.

Oscilogramele procesului de declichetare a dispozitivului de acționare DMI (montat la un întreruptor IUM—6; 600A) se dau în figura 22 (pentru alimentare în curent continuu) și în figura 23 (pentru alimentare în curent alternativ).

Lucrul mecanic dezvoltat de electromagnet în cazul alimentării în curent continuu este:

$$A_{decl} = K\int_{t_1}^{t_2}(u \cdot i - r \cdot i^2)\,dt$$

coeficientul $K = 0{,}75 - 0{,}80$ (determinat experimental) ține seama de variația stării magnetice pe timpul cursei. În cazul alimentării în curent alternativ se ține seama și de pierderile în fier.

Lucrul mecanic dezvoltat de diferiți electromagneți și determinat prin această metodă se dă în tabela 2.

Tabela 2

Destinația electromagnetului	Tipul dispozitivului de acționare	Lucrul mecanic în kgfcm	
		c.c.	c.a.
de declichetare	DMI	3,36	3,48
de declichetare	DPI (variantă perfecționată)	3,03	—
electroventil	AP	2,45	—
de blocare	AP	1,36	—

O mărime deosebit de importantă este și consumul de energie al organelor de comandă. La calculul surselor de energie de comandă se ține seama de valoarea consumului de energie pentru o manevră și de numărul manevrelor într-un anumit timp.

În acest scop trebuie indicată (în cataloagele de produse sau în norme) nu puterea absorbită de organele de comandă (în VA) ci consumul de energie pe timpul manevrei (în VAs). Este o inconsecvență faptul că la dispozitivele pneumatice se indică consumul în aer comprimat (în l), iar la cele electromagnetice puterea absorbită (în VA).

Ținînd seama de acest lucru se vor construi surse (acumulatoare electrice, instalații de aer comprimat etc.) de dimensiuni relativ mici, dar care să admită șocuri de energie de scurtă durată.

Bibliografie

[1] *Matlak I., Ogrezeanu St.* Traductor reostatic cu coloană de Hg. Referat la sesiunea cadrelor didactice de la Inst. Politehnic Timișoara, aprilie 1962.

[2] *Burianov B. P.* Oscilograful magnetoelectric București. Edit. Energetică de Stat, 1954.

[3] *Maiorov V.* Regulatoare electronice. București, Ed. Tehnică, 1960.

[4] *Raevschi N. P., Subolin N. I.* Izmerenie lineinîh uscoremii. Moscova, Edit. Acad. de Științe a U.R.S.S., 1961.

[5] *Mathé S.* și *Mathé B.* Calculul și experimentarea dispozitivelor de acționare a întreruptoarelor de înaltă tensiune. Electrotehnica **8**, nr. 9, sept. 1960.

[6] Montaj moslianih i vozdușnih vikliuciatelei. Moscova, G.S.I., 1961.

[7] *Loh E.* Kraft, Weg und Geschwigkeitmessungen in einen Schütz E und M, nr. 7 și 8, 1960.

[8] Schwerindustrie der Tschechoslowakei nr. 5, 1957.

Intrat în redacție la 14.IV.1962.

Seria unitară de condensatoare de forță de joasă și medie tensiune

Adrian Bercu* — București

CZ 621.319.4.018.14.002.3

Se prezintă criteriile care au dus la alegerea gamei de puteri și tensiuni ale seriei unitare de condensatoare de forță realizată pe baza lucrărilor de cercetare întreprinse la ICET. Se arată influența gradientului de lucru, a raporturilor dimensionale și a gradului de aplatizare a construcției asupra indicilor tehnico-economici. În continuare, se dau caracteristicile seriei, comparativ cu ale tipurilor fabricate anterior în R.P.R. Seria unitară a intrat în fabricație la FCME.

1. Generalizări

Pentru îmbunătățirea factorului de putere, se observă — ca o tendință generală în economia energetică — folosirea cu precădere a condensatoarelor de forță, față de alte metode de compensare artificială. Astfel, atît în sistemele energetice din U.R.S.S. [1], [2], [3], cît și în cele din S.U.A. [4], pentru fiecare kVA instalat în centralele electrice se montează circa 0,5 kvar de condensatoare de forță de joasă și medie tensiune.

În R.P.R., compensarea pe scară largă a energiei reactive — în rețelele de joasă tensiune de 380 și 500 V — s-a făcut din anul 1959, de cînd a intrat în funcțiune secția de condensatoare de forță de la Fabrica de cabluri și materiale electroizolante. Experiența de pînă acum a exploatării acestor condensatoare, cu putere unitară de 15 kvar, cu bobinaje de tip cilindric, proiectate de către Institutul de Cercetări Electrotehnice (ICET) a dat

* Ing. A. Bercu este șef de laborator la ICET.

rezultate favorabile. Comparativ cu alte tipuri de condensatoare, importate și montate în rețele, condensatoarele noastre au dat un procentaj mult mai mic de clacări.

Date fiind pe de o parte, creșterea necesarului de putere reactivă prin condensatoare de forță și pe de altă parte, necesitatea extinderii gamei de tensiuni și puteri, s-a pus problema realizării unei serii unitare de condensatoare de forță de joasă și medie tensiune.

2. Alegerea gamei de puteri și tensiuni

2.1. *Stadiul actual în tehnica mondială*

Din punctul de vedere al alegerii puterilor pe unitate, în prezent există două linii constructive și anume:

— construcții de puteri mici, pînă la 50/kvar;

— construcții de puteri mari, pînă la 300 kvar.

În ultima vreme, marea majoritate a firmelor constructoare a ales prima linie, construind unități de condensatoare cu puteri pînă la 50 kvar, pentru rețelele de joasă tensiune (pînă la 1 kV), și unități pînă la 100 kvar, pentru tensiunile medii (pînă la 35 kV).

Folosirea unităților cu puteri mici prezintă următoarele avantaje:

— construcția și tehnologia se simplifică, adaptîndu-se mai bine mecanizării și automatizării producției;

— etanșarea construcției este mai ușor de realizat;

— în exploatare, unitățile mici pot fi mai ușor montate și mutate, realizîndu-se o compensare mai elastică a factorului de putere;

— prețul de cost al kvar-ului de condensatoare în mod practic nu depinde de valoarea puterii reactive pe unitate.

Astfel, industria sovietică de condensatoare produce în prezent condensatoare pentru următoarea gamă de tensiuni: 0,22; 0,38; 0,5; 1,05; 3,15; 6,3; 10,5 kV și cu puteri pe unitate de 10 și 25 kvar. Această serie de condensatoare este de fabricație recentă (anul 1960) și înlocuiește seria veche cu gama de tensiuni între 0,22 și 10 kV și cu puteri pe unitate între 3 și 10 kvar.

Industria americană produce condensatoare, a căror gamă de puteri și tensiuni se încadrează în normele NEMA, standard CAI—1949, conform tabelei 1, din care se vede că puterea maximă pe unitate este de 25 kvar și construcțiile condensatoarelor pentru tensiuni pînă la 7 200 V sînt monofazate și trifazate. Pentru tensiuni între 7 960 și 13 800 V, execuția condensatoarelor se face numai în montaj monofazat. Din literatură [1], [4] reiese că unitățile de 0,5; 1; 2,5; și 5 kvar se folosesc la compensarea individuală, pe cîtă vreme unitățile de 15 și 25 kvar compun bateriile pentru compensarea pe grupe sau centralizată a factorului de putere.

Tabela 1

Tensiunea, V	Puterea de unitate, kvar	Număr faze
230	0,5; 1; 2,5; 5; 7,5:	1 și 3
460	1; 2; 5; 10; 15;	1 și 3
575	1; 2; 5; 10; 15;	1 și 3
2 400	15; 25	1 și 3
4 160	15; 15	1 și 3
4 800	15; 25	1 și 3
7 200	15; 25	1 și 3
7 960	15; 25	1
12 470	15	1
13 800	15	1

Firmele din Europa de vest merg pe aceeași linie. Astfel firma „Siemens-Schuckertwerke" (SSW) fabrică produsele indicate în tabela 2.

Tabela 2

Tensiunea, V	Puterea reactivă, kvar	Tipul construcției
220	2, 4, 6, 8, 10, 12, 25, 50	trifazată
380	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 50,	trifazată
525	2; 5; 5; 7; 5; 10; 12,5 15; 20; 25; 30; 50	trifazată

Este de menționat faptul că, în construcțiile (SSW), varietatea mare de puteri este obținută printr-un mare număr de construcții diferite, fapt care duce la un coeficient redus de tipizare a construcțiilor.

În concluzie, se poate arăta că în tehnica mondială se folosesc pentru tensiunile joase (220—1 000 V) puteri pe unitate pînă la 50 kvar, iar pentru tensiunile medii puteri pe unitate pînă la 100 kvar.

2.2. *Considerații pentru alegerea gamei de puteri*

Ținînd seamă de principalele considerente — tehnologia fabricației și problemele de exploatare energetică —, s-a considerat justă alegerea a două puteri normalizate pentru seria unitară, și anume: 15 și 25 kvar, întrucît tipizarea într-un procentaj foarte ridicat a reperelor componente ale condensatoarelor, precum și organizarea lucrului pe bandă sînt optime la construcțiile cu puteri mici pe unitate.

Din considerente de exploatare, observăm următoarele: prin combinarea condensatoarelor unitare de 15 și 25 kvar se vor putea obține

baterii cu puteri totale în următoarea scală: 5, 25, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 kvar etc.

Se vede că, de la 40 kvar în sus, se pot grupa baterii cu trepte de puteri din 5 în 5 kvar, ceea ce este cu totul suficient pentru obținerea cu precizie a unui factor de putere cu variații de ±5%.

2.3. *Alegerea gamei de tensiuni*

Gama de tensiuni necesare ar fi următoarea:

2.3.1. Joasă tensiune: 380, 500 și 1 000 V.

Tensiunea de 380 V — pentru instalațiile electrice de deservire generală a industriei, iar tensiunile de 500 și 1 000 V — pentru rețele din regiunea petroliferă. Totuși, ponderea va cădea asupra tensiunii de 380 V, fiind cea mai răspîndită.

Cît privește tensiunea de 220 V, considerăm că n-ar fi cazul să fie folosită în construcția condensatoarelor de forță, din următoarele motive:

— atît în București, cît și în provincie, se tinde la înlocuirea tensiunii rețelelor de forță de 220 V cu cele de 380 V;

— indicii tehnico-economici ai condensatoarelor pentru tensiunea de 220 V sînt mai scăzuți decît cei ai condensatoarelor pentru celelalte tensiuni, cu circa 50—75%. Aceasta se explică prin necesitatea folosirii unui dielectric compus din trei straturi (ca și la condensatorul de 380 V) și deci alegerea unui gradient de potențial scăzut (7—8 kV/mm).

2.3.2. Pentru tensiunile medii, față de rețelele existente în țară, apreciem necesitatea construirii condensatoarelor de forță pentru tensiunea de 6 300 V.

3. Principii de proiectare

S-a început cu seria de 15 kvar, pentru toate tensiunile, ținîndu-se seamă de următoarele considerente:

— situarea noilor construcții — din punctul de vedere al indicilor tehnico-economici — la nivelul tehnicii mondiale;

— asigurarea siguranței de exploatare, atît din punctul de vedere al rigidității dielectrice, cît și din acela al echilibrului termic în condensator.

În acest sens, sînt de observat următoarele:

— Materialele active (hîrtia de condensator și foița de aluminiu) sînt de aceleași dimensiuni pentru toată gama de tensiuni.

— Dimensiunile bobinajelor sînt aceleași, variind doar numărul de straturi și spire, în funcție de tensiunea pe bobinaj. Pentru condensatoarele de joasă tensiune numărul de bobinaje pe unitate a fost mărit la 30, astfel încît — în cazul clacării unei secțiuni — puterea pe condensator scade doar cu $\frac{100}{30} = 3\%$.

— Cuva, dispozitivele de strîngere, piesele izolante între secții, faze, și față de masă sînt de construcții identice pentru toată gama de tensiuni, permițînd o tipizare într-o proporție de circa 80%. După cum se vede din figurile 5, 6 și 7, dimensiunile exterioare ale unităților pentru tensiunile de 380, 500 și 1 000 V sînt aceleași, iar la unitatea pentru 910/6 300 V diferă numai înălțimea izolatorului.

Condensatoarele seriei unitare sînt prevăzute în interior cu siguranțe fuzibile pentru fiecare bobină. Practica de exploatare, atît a condensatoarelor cu bobinaje cilindrice cît și a celor cu bobinaje plate, a arătat că această protejare individuală este eficientă, în sensul că, după clacarea unei bobine, condensatorul continuă să funcționeze, fără să declanșeze vreun element de deconectare sau de protecție din exterior.

Din considerente de protecție a personalului de exploatare a bateriilor de condensatoare, s-au prevăzut căpăcele metalice pentru acoperirea izolatoarelor. În tabela 3 se prezintă caracteristicile seriei unitare de condensatoare de forță.

4. Căile pentru îmbunătățirea indicilor tehnico-economici ai condensatoarelor seriei unitare

Această îmbunătățire s-a făcut, în primul rînd, prin ridicarea gradientului de potențial de lucru.

Ca măsuri corolare, au urmat compactizarea construcției și mărirea raportului dintre

Tabela 3

Caracteristicile seriei unitare de condensatoare de forță

Tensiunea, kV	Puterea, kvar	Capacitatea, μF	Curentul, A	Greutatea		Dimensiuni, mm	Volumul		Suprafața de răcire		Schema de conexiuni interioară
				kg	kg/kvar		dm³	$\frac{dm^3}{kvar}$	dm²	$\frac{dm^2}{kvar}$	
0,380	15	330	22,8	38	2,5	580×106×400	24,5	1,57	58	2,87	trifazat triunghi
0,500	15	191	17,3	38	2,5	580×106×400	24,4	1,57	48	2,87	triunghi
1,0	15	47,6	8,67	38	2,5	580×106×400	24,4	1,57	58	3,87	trifazat-stea
0,91/6,3	15	57,8	16,5	28	2,5	580×106×400	24,4	1,57	48	3,87	monofazat

suprafața de răcire a cuvei și volumul condensatorului.

4.1. *Gradientul de potențial de lucru*

În relațiile următoare se va demonstra influența gradientului de potențial asupra volumului specific al materialelor active și, în consecință, asupra volumului cuvei condensatorului.

Considerăm expresia puterii reactive a unei secțiuni din interiorul condensatorului [3]:

$$P = C \cdot \omega \cdot U^2 \text{ [var]}, \tag{1}$$

unde:

C este capacitatea secției plate, în F;
ω — frecvența, în Hz;
U — tensiunea aplicată secției, în V.

Relația cunoscută a capacității unui condensator plat:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S}{d_h} \text{ [F}\varphi\text{]} \tag{2}$$

unde:

ε este constanta dielectrică relativă a hîrtiei impregnate;
S — suprafața părții active a dielectricului, cm².

$$\varepsilon = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^{11}}.$$

Considerăm, în figura 1, o secțiune desfășurată a unei bobine plate, iar în figura 2 — o bobină aplatizată, unde:

a_1 este lățimea hîrtiei în cm;
a_2 — lățimea aluminiului, în cm;
l_1 — lungimea desfășurată a hîrtiei, în cm;
l_2 — lungimea desfășurată a aluminiului, în cm.

În acest caz, suprafața desfășurată a hîrtiei va fi:

$$S_1 = a_1 \cdot l_1 \text{ [cm}^2\text{]} \tag{3}$$

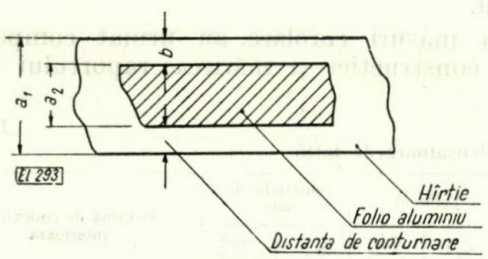


Fig. 1. Secțiunea desfășurată a unei bobine de condensator de forță.

și respectiv a aluminiului:

$$S_2 = a_2 \cdot l_2 \text{ [cm}^2\text{]}. \tag{4}$$

Deci, capacitatea secției rulate va fi:

$$C_s = \frac{2\,\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot a_2 \cdot l_2}{d_h}. \tag{5}$$

În relația (5) membrul al doilea a fost înmulțit cu 2, întrucît la bobinarea ruloului ambele suprafețe ale aluminiului (armăturii) sînt active.

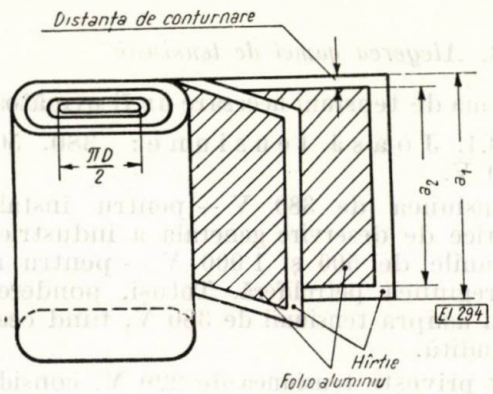


Fig. 2. Bobina aplatizată.

Gradientul de potențial de lucru se definește prin relația:

$$E = \frac{U}{d_h} \text{ [V/cm]}. \tag{6}$$

Introducînd expresia lui d din relația (6) în expresia (5), a capacității unei secțiuni de condensator, obținem:

$$C = \frac{2\,\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot a_2 \cdot l_2 E}{U} \text{[F]}. \tag{7}$$

Înmulțind cu d numărătorul și numitorul relației (7) vom obține:

$$C = \frac{2\,\varepsilon \cdot \varepsilon \cdot V_h \cdot E^2}{U^2} \text{[F]}. \tag{8}$$

Introducînd expresia capacității de mai sus în relația puterii reactive a unei secțiuni (1), vom obține:

$$P = 2\,\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot V_h \cdot E^2 \omega \text{ [var]}, \tag{9}$$

de unde deducem volumul specific de hîrtie pe var de condensator:

$$\frac{V_a}{P} = \frac{1}{2\,\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E^2 \cdot w} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{VA}}\right]. \tag{10}$$

Cum volumul specific al aluminiului este direct proporțional cu volumul specific al hîrtiei (întrucît armătura poate fi condensată ca un strat de hîrtie numai de altă grosime), putem nota:

$$\frac{V_a}{P} = K \frac{V_h}{P} = \frac{K}{2\,\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot E^2 \cdot w} \left[\frac{\text{cm}^3}{\text{VA}}\right], \tag{11}$$

unde :

V_a este volumul specific al aluminiului, iar

$$K = \frac{d_a}{d_h} \cdot \frac{l_2 \cdot a_2}{l_1 \cdot a_1}, \qquad (12)$$

(d fiind grosimea foliei de aluminiu).

Examinînd relațiile 10 și 11, observăm că micșorarea volumelor specifice la hîrtie și aluminiu se poate face prin creșterea valorilor lui ε și E. Cum ε este condiționat de dielectricul compus folosit — hîrtie impregnată în ulei mineral — reiese că numai prin ridicarea valorii gradientului de potențial se pot îmbunătăți indicii de volum și de greutate specifică. Într-adevăr față de condensatoarele de tip cilindric ale tipurilor vechi [5] , [6], unitățile seriei unitare sînt calculate la gradienți de potențial măriți cu circa 20%, ceea ce duce la micșorări ale volumelor și greutăților specifice ale hîrtiei și aluminiului, cu circa 25—30%.

4.2. *Compactizarea construcției*

Datorită construcției compactizate a pachetului de bobinaje, și deci și a cuvei, rezultă reduceri de volum și de greutate specifică și la ulei. Tot datorită acestei compactizări, raportul dintre suprafața de răcire și volumul condensatorului este ridicat, respectiv 2,37.

Mărirea gradientului de potențial, de la 10,5 la 12,65 kV/mm, s-a făcut ținîndu-se seamă de două elemente, și anume :

S-au măsurat gradienții de ionizare la dielectricii compuși, atît ai condensatoarelor-machetă cît și ai condensatoarelor-prototipuri, obținîndu-se următoarea valoare :

$$E_{ionizare} = 48 - 55 \text{ kV/mm}.$$

Raportînd această valoare medie la E_{lucru} al seriei unitare, obținem un coeficient de siguranță S :

$$S = \frac{E_{ionizare}}{E_{lucru}} = \frac{51}{12} = 4{,}2,$$

pe care-l considerăm suficient.

Apreciem că prin folosirea izolatorului metalizat, care asigură etanșarea perfectă a condensatoarelor, gradientul de ionizare nu va scădea în timp.

S-a acționat asupra tehnologiei de deshidratare și impregnare a condensatoarelor gata montate [7] în sensul îmbunătățirii vidului — mai ales în perioada finală. Astfel, prin revizuirea instalațiilor de impregnare, s-a ajuns la un vid de $3 - 5 \cdot 10^{-2}$ mm col. Hg.

Considerăm că, prin intrarea în funcțiune a noii hale de condensatoare de forță cu linii tehnologice modernizate, coeficientul de siguranță la seria unitară de condensatoare va depăși cifra 4,2.

5. Indici tehnico-economici

În figura 3 se prezintă diagrama variației principalilor indici tehnico-economici — greutate și volum specific — pentru tipurile de con-

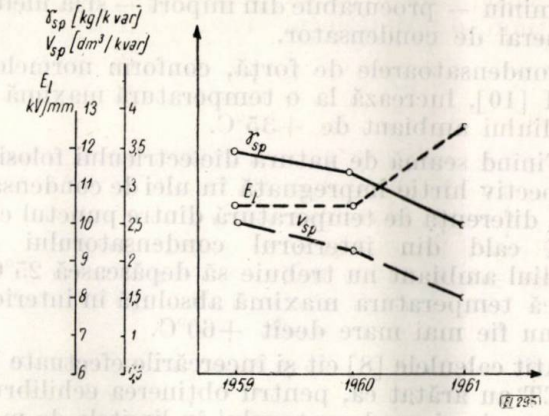


Fig. 3

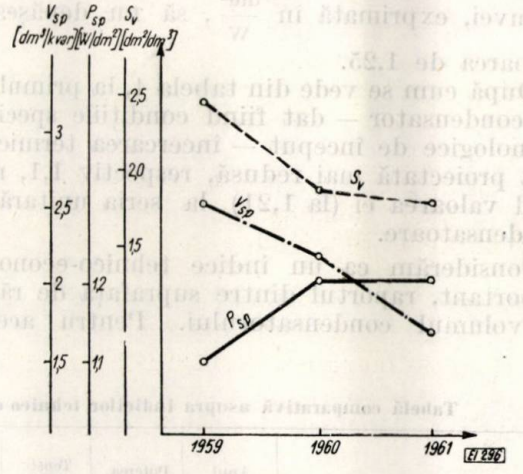


Fig. 4

Variația indicilor tehnico-economici la condensatoarele de forță de 15 kVA fabricate în R.P.R., în funcție de anul de fabricație.

densatoare fabricate la FCME pînă azi. Notăm cu anul de fabricație tipurile respective, și anume :

— Anul 1959 — tipul cu 15 bobinaje cilindrice/unitate.

— Anul 1960 — tipul cu 12 bobinaje cilindrice/unitate.

— Anul 1961 — tipul cu 30 bobinaje plate/unitate (seria unitară de condensatoare).

În aceeași diagramă prezentăm și variația gradientului de lucru, E_1.

După cum se vede în grafic, indicii de greutate și volum specific sînt în continuă tendință de îmbunătățire. Astfel, greutatea specifică a condensatoarelor de 15 kvar a scăzut, în perioada

1959—1961, de la 3,5 la 2,5 kg/kvar. Procentual, constatăm o reducere de $\frac{3,5-2,5}{3,5}100 = 28,6\%$. Volumul specific, în mod corespunzător, a scăzut cu $\frac{2,5-1,57}{2,5}100 = 32\%$. De menționat că aceste reduceri de greutate și volum specific se referă, în primul rînd, la materialele active hîrtie de condensator și folia de aluminiu — procurabile din import — și la uleiul mineral de condensator.

Condensatoarele de forță, conform normelor CEI [10], lucrează la o temperatură maximă a mediului ambiant de +35°C.

Ținînd seamă de natura dielectricului folosit, respectiv hîrtie impregnată în ulei de condensator, diferența de temperatură dintre punctul cel mai cald din interiorul condensatorului și mediul ambiant nu trebuie să depășească 25°C, adică temperatura maximă absolută în interior să nu fie mai mare decît +60°C.

Atît calculele [8] cît și încercările efectuate la ICET au arătat că, pentru obținerea echilibrului termic al condensatorului în limitele de mai sus, este necesar ca încărcarea termică specifică a cuvei, exprimată în $\frac{dm^2}{W}$, să nu depășească valoarea de 1,25.

După cum se vede din tabela 4, la primul tip de condensator — dat fiind condițiile specifice tehnologice de început — încercarea termică a fost proiectată mai redusă, respectiv 1,1, ridicînd valoarea ei (la 1,21) la seria unitară de condensatoare.

Considerăm ca un indice tehnico-economic important, raportul dintre suprafața de răcire și volumul condensatorului. Pentru același volum de condensator, o suprafață de răcire mărită duce la o încărcare termică scăzută. Pe această linie — a măririi raportului suprafeței de răcire pe volum — este orientată proiectarea seriei unitare.

În figura 4 prezentăm variațiile încărcării termice specifice, a volumului specific și a raportului suprafeței de răcire pe volum. Se observă la tipul seriei unitare, care are o încărcare termică specifică încadrată în normele admisibile, respectiv 1,21 W/dm² față de 1,25 W/dm² volumul specific cel mai scăzut, respectiv 1,57 dm³/kvar, realizat prin construcția cea mai aplatizată, respectiv cu raportul suprafața/volumul cel mai ridicat, (2,5).

Considerăm că această construcție aplatizată mai are și avantaje, și anume: unei creșteri a temperaturii în interiorul condensatorului îi corespunde și o creștere a presiunii uleiului care se repartizează asupra întregii suprafețe a cuvei; unei suprafețe mărite a cuvei îi corespunde o presiune specifică micșorată, pe pereți.

Se prezintă în tabela 5 — comparativ cu alte tipuri de condensatoare de forță în construcții moderne impregnate în uleiuri minerale — datele gabaritare și indicii tehnico-economici ai seriei unitare.

Se vede că seria noastră unitară este la nivelul condensatoarelor sovietice de tip nou cu indici tehnico-economici ridicați.

Nu s-a făcut comparație cu tipurile străine de condensatoare impregnate cu materiale dielectrice clorurate de tip Klopchen, Sovol etc., dat fiind faptul că în R.P.R. — cel puțin în viitorul apropiat — nu vom merge pe linia înlocuirii uleiului mineral.

Tabela 4

Tabelă comparativă asupra indicilor tehnico-economici ai tipurilor de condensatoare fabricate în R.P.R.

Tipul condensatorului	Anul fabr.	Puterea, kvar	Tensiunea, V	Greutatea		Volumul		Suprafața de răcire, dm²	Pierderi		Suprafață / volum [dm²/dm³]
				kg	kg/kvar	dm³	dm³/kvar		W	W/dm²	
Cilindric — 15 bob.	1959	15	380	53	3,5	38,5	2,55	68,6	85	1,1	1,8
Cilindric — 12 bob.	1960	15	380	48	3,2	33	2,2	62	1,21	1,88	1,88
Plat — seria unitară	1961	15	380	38	2,5	25,6	1,57	62	75	1,21	2,5
			500								
			1 500								
			6 300								

Tabela 5

Tabelă comparativă pentru tipuri de condensatoare de forță moderne impregnate cu uleiuri minerale

Proveniența	Puterea, kvar	Tensiunea, V	Greutatea		Volumul		Suprafața de răcire, dm²	Pierderi, W	W/dm²	Supr./vol (dm²/dm³)
			kg	kg/kvar	dm³	kg/kvar				
U.R.S.S.-tip KM	8,2	380	24	2,95	14,6	1,78	38,5	41	1,06	2,64
U.R.S.S.-tip nou	9,6	380	24	2,5	15,5	1,62	40,5	48	1,185	2,6
R.D.G.-Isokond	15	380	40	2,67	30	2	52,8	75	1,44	1,76
R.P.R.-tip plat seria unitară	15	380—6300	38	2,5	24,6	1,57	62	75	1,21	2,5

În figura 5 este prezentată întreaga serie unitară de condensatoare, respectiv pentru o putere unitară de 15 kvar și tensiunile 380, 500, 1 000 V și 910/6 300 V.

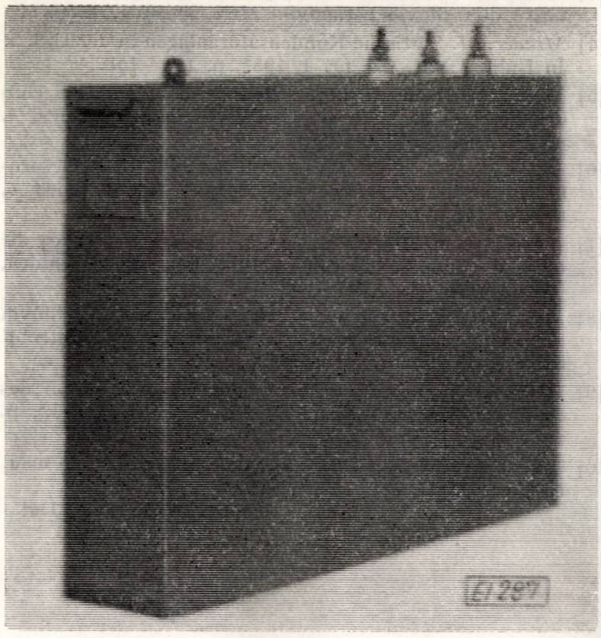


Fig. 5. Tip de condensator de joasă tensiune a seriei unitare : 15 kVA 380 V.

În figura 6 este prezentată comparația dimensională a tipurilor de condensatoare :

— condensator tip cilindric, 15 kvar, 380 V (tip anul 1959) B ;

— condensator seria unitară, 15 kvar, 380 V (tip anul 1961)C ;

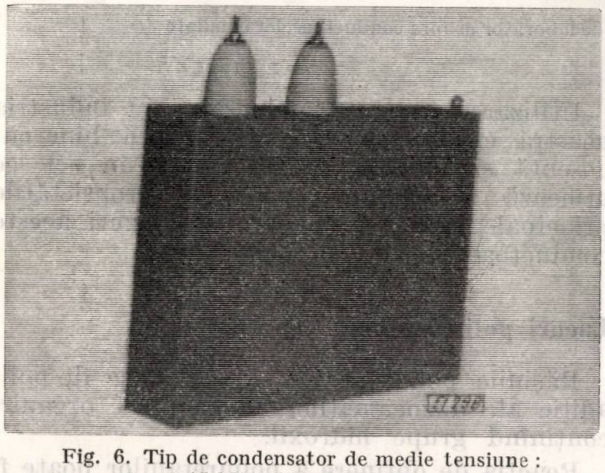


Fig. 6. Tip de condensator de medie tensiune : 15 kVA 910//6 300 V.

— condensator seria unitară, 15 kvar, 910/6 300 V (tip anul 1961) A.

6. Încercări efectuate

Încercările dielectrice s-au făcut conform normelor CEI [10]

6.1. *Incercarea între borne* s-a făcut în curent continuu la tensiunea :

$$U_{inc} = 4{,}3\ U\ nominal.$$

6.2. *Încercarea între bornele legate* în scurt-circuit și masă, în curent alternativ, la tensiunile din tabela 6.

Tabela 6

Tensiunea, V	Puterea, kvar	Încercarea între borne, c.c. (kV)	Încercarea tgδ față de masă, c.a. (kV)		C (μF)
380	15	1,65	3	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$	330
500	15	2,15	3	$4{,}5 \cdot 10^{-3}$	191
1 000	15	2,5	6	$4{,}5 \cdot 10^{-2}$	47,0
910/6 300	15	3,92	22	4.10^{-3}	57,8

6.3. *Pierderile dielectrice* s-au măsurat la o punte Schering, la tensiune joasă, și la o frecvență de 100 Hz.

6.4. *Capacitatea*, la aceeași punte de măsură.

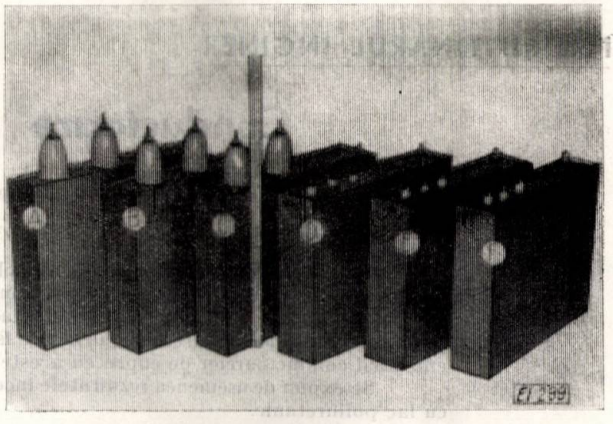


Fig. 7. Seria unitară a condensatoarelor de forță de joasă și medie tensiune.

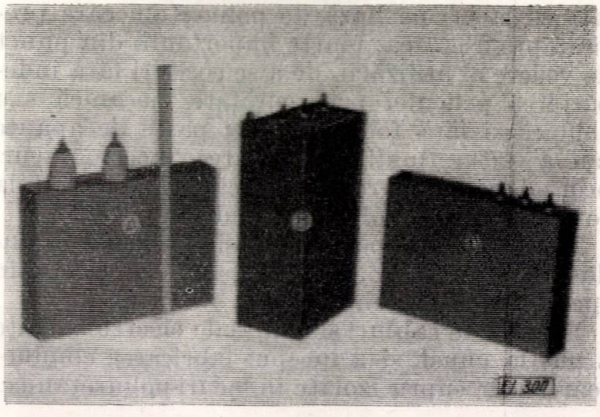


Fig. 8. Fotografie comparativă între tipul de condensator cu bobinaje cilindrice (anul 1959) B și tipurile seriei unitare.

7. Concluzii

7.1. *Rezultatele obținute* la ICET în realizarea modelelor experimentale de fabricație au arătat că seria unitară de condensatoare are caracteristici la nivelul tehnicii mondiale și, prin urmare, poate fi introdusă în fabricație.

7.2. *În cursul anului 1961*, la FCME au fost introduse în fabricație curentă și omologate tipurile : 380, 500 și 1 000 V. În cursul anului 1962 va începe și fabricația curentă a tipului de 910/6 300 V.

7.3. *În cursul anului 1962*, va intra în funcțiune la FCME noua hală de condensatoare, utilată modern, care va asigura o serioasă îmbunătățire a calității condensatoarelor de forță.

7.4. *Se pune accentul* în continuare pe urmărirea în exploatare a comportării condensatoarelor seriei unitare. Pentru aceasta, se impune întocmirea unui plan sistematic de măsurători care va fi executată de către ICET și FCME.

7.5. *La introducerea în fabricație a seriei unitare de condensatoare* a colaborat cu ICET colectivul secției de condensatoare de la FCME.

Bibliografie

[1] *Renne, V. T.* Electriceskie condensatori. Gosenergoizdat, Moscova, 1959.

[2] *Morozov, M. M.* Proifvodstvo silovîh condensatorov. În : Vestnik Elektroprom., *30*, nr. 6 1959, p. 1—7.

[3] *Mantrov, N. I.* Rascet bumaljno — maslianîh condensatorov dlia silovîh ustanovik, MEI, Moskva, 1960.

[4] *Minder, M.* Statische Kondensatoranlagen in der U.S.A. În Bull. A.S.E., *46*, nr. 4, 1955, p. 155—158.

[5] *Bercu, A.* Probleme ale construcției și tehnologiei condensatorului de forță de 6,6 kV. În Electrotehnica, *5*, nr. 7, 1957, p. 252—258.

[6] *Bercu, A.* Condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere, realizate la ICET. În : Electrotehnica, *6*, nr. 10, 1958, p. 387—393.

[7] *Bercu, A.* și *Podani, E.* Caracteristicile dielectrice ale uleiului romînesc de condensator. În : Electrotehnica, *8*, nr. 6, 1960, p. 193—199.

[8] *Medvedev, S. K.* Peregruzocinie karakteristiki silovîh bumajnîh kondensatorov. În : Vestnik Elektroptrom. *31*, nr. 11, 1961, p. 42—45.

[9] *Hansson, B.* Progres réalisés dans la construction des condensateurs. În : ASEA Revue, *24*, nr. 6, 1952, p. 99—107.

[10] *CEI* : Specification pour les condensateurs de réseau. Genève, 1954.

Intrat în redacție la 25.I.1962.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Conductoare emailate sudabile

Dinu Dragomir* — București

CZ 621.315.512 : 621.315.612.7

Conductoarele emailate în lacuri poliuretanice au început să fie din ce în ce mai mult folosite, datorită unor proprietăți foarte importante ca de exemplu sudabilitatea fără curățire.

Se prezintă în lucrare proprietățile lacurilor poliuretanice și se arată mecanismul clasic de obținere a lacurilor poliuretanice utilizate la emailare precum și particularitățile tehnologice ale emailării conductoarelor de cupru cu aceste lacuri.

Se expun de asemenea rezultatele încercărilor de laborator asupra conductoarelor emailate cu lac poliuretanic.

În ultimul timp au căpătat o largă folosire în industria electrotehnică conductoarele emailate cu lacuri pe bază de poliuretani care prezintă proprietatea, foarte importantă din punct de vedere al utilizării, de a se cositori fără îndepărtarea peliculei prin curățare mecanică sau chimică și fără folosirea unei paste decapante sau a altui fluidizant deoarece aceste lacuri prin descompunerea termică a pelculei la cositorire joacă rolul de fluidizant.

Aceste conductoare au găsit aplicații în industria constructoare de mașini electrice și în special în radiotehnică.

Fabrica de cabluri și materiale electroizolante a pus la punct și a început fabricarea conductoarelor de cupru izolate în lacuri poliuretanice.

Utilizarea acestor conductoare în industria noastră electrotehnică nu este încă bine cunoscută și considerăm necesar ca în cele ce urmează să expunem pe scurt proprietățile principale care fac ca în unele cazuri aceste conductoare să fie de neînlocuit.

Lacuri poliuretanice

Rășinile poliuretanice sînt produse de poliadiție ale diizocianaților cu compuși organici conținînd grupe hidroxil.

Reacția de obținere a poliuretanilor poate fi reprezentată, în mod schematic, astfel :

$$_xHOROH + {}_xOCNR'NCO \rightarrow$$

$$\rightarrow [OROCONHR'NHCO-]_x$$

* D. DRAGOMIR este inginer la Fabrica de cabluri și materiale electroizolante — București.

Pentru obținerea emailurilor electrotehnice se folosește deobicei un diizocianat aromatic — diizociantatul de toluilen.

Pelicula electroizolantă de email depusă pe conductoare are după uscare o structură tridimensională care îi conferă proprietățile mecanice necesare.

Structura tridimensională se poate obține în cazul cînd componenta cu grupe hidroxilice conține minimum trei grupe de acest fel (de ex : glicerina, pentaeritrita etc).

Înainte de introducerea în reacție, se face o esterificare a componentei cu grupe hidroxilice cu ajutorul acizilor carboxilici bibazici. Esterificarea este astfel condusă încît produsul final să conțină grupe hidroxilice libere.

Cele două componente ale lacului poliuretanic — cunoscute sub numele „desmodur" (diizocianații) și „desmofen" (poliesterii cu grupe hidroxil) — se păstrează separat deoarece izocianații prezintă o reactivitatea deosebită chiar la temperatura ordinară.

Acest procedeu prezintă dezavantaje tehnologice importante, precum și greutăți de transport, de unde a reieșit necesitatea fabricării unui lac stabilizat care să permită depozitarea îndelungată în condiții industriale. Lacurile stabilizate sînt lacuri cu uscare la cald.

Diizocianații stabilizați se obțin prin reacția cu fenol, crezoli etc. care au rolul să blocheze grupa activă NCO trecînd în monofeniluretan. A doua grupă NCO reacționează cu poliesterul avînd grupe OH libere astfel că diizocianatul se blochează în întregime și este stabil la temperatura ordinară.

La temperaturi ridicate de circa 180°C, monofeniluretanul se descompune integral în fenol și diizocianat, astfel că grupele NCO pot reacționa cu grupele OH ale poliesterului, formînd rețeaua tridimensională — insolubilă și elastică — a peliculei de email.

Aceste lacuri se folosesc la emailarea conductoarelor de cupru.

Emailarea conductoarelor cu lac poliuretanic

Procesul tehnologic de emailare a conductoarelor de cupru este similar procesului tehnologic de emailare cu celelalte lacuri avînd însă unele particularități.

În principiu emailarea constă în trecerea conductorului prin baia cu lac, calibrarea stratului de lac, respectiv îndepărtarea excesului, și uscarea în regim termic ridicat.

Pentru obținerea proprietăților mecanice cerute, stratul de email final se realizează prin mai multe aplicări și uscări succesive care variază între 4 și 10 în funcție de diametrul sîrmei.

Îndepărtarea excesului de lac respectiv calibrarea peliculei se face mai ales prin cele două procedee cunoscute — filiere sau ștergător cu pîslă.

Alegerea unuia sau altuia din aceste procedee este legată de diametrul sîrmei, viscozitatea lacului și tipul mașinii de emailat.

Calibrarea prin filiere se utilizează la diametre mai mari de 0,45 mm pentru lacuri cu viscozitate ridicată și la mașini verticale.

Pentru mașini orizontale, sîrme subțiri și lacuri cu viscozitate mică se utilizează ștergătoare cu pîslă.

Particularitățile procesului de emailare cu lac poliuretanic sînt accentuate la sîrmele subțiri.

Deoarece temperatura de uscare este mult mai coborîtă pentru lacul poliuretanic decît pentru celelalte emailuri, conductoarele de cupru blanc trebuie să aibă gradul de ecruisare moale.

În ceea ce privește regimul termic al uscărilor succesive, se preferă ca acesta să fie diferit între o uscare și alta.

Din aceste motive, mașinile de emailat pe care s-au obținut rezultate satisfăcătoare pentru sîrme subțiri sînt mașinile orizontale cu mai multe cuptoare de uscare așezate în „tandem" și prevăzute cu un cuptor de recoacere a sîrmei blanc.

Schema de principiu a unei astfel de mașini este redată în figura 1.

Temperatura cuptorului de uscare este determinată de lungimea lui, de viteza de emailare, debitul absorberului de vapori, diametrul sîrmei și grosimea peliculei.

Această temperatură se determină experimental și este de cele mai multe ori convențională.

După emailare, în special pentru sîrme subțiri, se constată prezența unor asperități pe suprafața peliculei.

Din încercările făcute, ameliorarea stării suprafeței se obține prin intensificarea absorbției de vapori din cuptor.

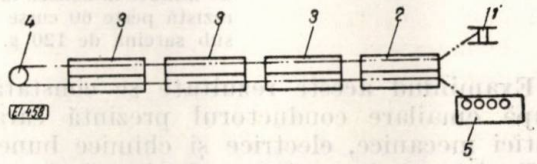


Fig. 1. Mașină orizontală cu mai multe cuptoare de uscare așezate în „tandem" și prevăzută cu un cuptor de recoacere a sîrmei blanc. Schema de principiu :

1 — dispozitiv de rulare sîrmă blanc; *2* — cuptor pentru recoacerea sîrmei blanc; *3* — cuptor de emailat; *4* — role de întoarcere; *5* — dispozitiv de înrolare sîrmă emailată.

Literatura tehnică indică pentru emailarea sîrmelor subțiri, lacuri poliuretanice modificate cu rășini speciale (de ex : rășini polivinilacetalice sau epoxidice) care dau după emailare o suprafață netedă și micșorează numai în măsură neînsemnantă rezistența termică a peliculei.

La fabrica de cabluri și materiale electroizolante, a fost stabilită tehnologia de emailare cu lacuri poliuretanice pentru sîrme cu diametrul mai mic de 1 mm.

Astfel, pentru emailarea unui conductor cu diametrul 0,60 mm, s-a folosit un conductor blanc recopt și degresat.

Lacul are o concentrație de 28% rășină. Cuptorul de tip vertical are o lungime de 3,1 m.

Viteza de trecere a conductorului pe mașină a fost de 9,1 m/min. Sîrma a fost trecută de 5 ori prin baia cu lac și cuptorul de uscare, calibrarea peliculei făcîndu-se prin filiere.

Lacul a fost colorat în roșu prin adăugarea unui colorant potrivit.

Caracteristicile termice, mecanice și chimice ale conductoarelor emailate

La încercările de laborator executate asupra conductoarelor de mai sus s-au obținut următoarele rezultate :

Grosimea peliculei	— 0,05 mm.
Starea izolației după alungire	— nu prezintă crăpături după alungirea cu 22%.
Încercarea la șoc termic	— nu a prezentat fisuri după menținerea timp de 1 oră la 140°C în stare răsucită, pe dorn cu diametrul de 2 mm.
Încercarea la îmbătrînire	— după menținerea timp de 18 ore la temperatura de 140°C și răsucirea pe dorn cu diametrul de 2 mm, pelicula nu a fisurat.
Tensiunea de străpungere	— conductorul răsucit de 25 ori pe o lungime de 200 mm a rezistat la tensiuni de străpungere între 4 500 și 5 700 V.
Rezistența de izolație	— după menținerea 24 ore la 20°C și 80% umiditate relativă, rezistența de izolație este de 479 MΩ/km.
Tangenta unghiului de pierderi	— în aceleași condiții — 0,0081.
Rezistența la abraziune	— peste 60 curse duble sub sarcină de 350 g.
Rezistența la solvenți	— după menținerea timp de 30 minute în benzen la 60°C, rezistă peste 60 curse duble sub sarcină de 120 g.

Examinînd aceste rezultate se constată că după emailare conductorul prezintă caracteristici mecanice, electrice și chimice bune.

Rezistența la acțiunea de lungă durată a căldurii este încă în curs de definitivare, rezultatele obținute pînă la ora actuală fiind corespunzătoare.

Încercările de îmbătrînire îndelungată făcute în U.R.S.S. asupra unor conductoare emailate cu lac poliuretanic au arătat rezistența excepțională a peliculei de email la temperaturi ridicate. Astfel, după menținere în termostat timp de 25 zile la 150°C pelicula de email își păstrează elasticitatea inițială iar conductoarele emailate pot fi răsucite pe un dorn avînd diametrul egal cu cel al conductorului. În același timp conductoarele cu izolație pe bază de lacuri viniflex își mențin elasticitatea la 150°C numai timp de 1—2 zile.

După menținerea timp de 5 zile la 180°C elasticitatea conductoarelor emailate cu lac poliuretanic se păstrează ca în starea inițială, rămîne destul de bună în primele 11 zile și scade moderat în cursul unei perioade destul de îndelungate.

Din cauza proprietăților mecanice bune, conductoarele pot fi utilizate la bobinajele mașinilor electrice fără protecție suplimentară fibroasă. În U.R.S.S. s-au utilizat conductoare emailate cu lac poliuretanic colorate în două culori la execuția motoarelor electrice al căror rotor este supus la acțiuni mecanice intense. Legarea conductorului la colector s-a efectuat prin scufundarea acestuia în baia de cositorire fără curățirea prealabilă a capetelor conductorului și fără alt fluidizant.

Conductoarele emailate cu lac poliuretanic se remarcă prin caracteristici electroizolante bune atît în condiții normale cît și în atmosferă cu umiditatea relativă a aerului ridicată. Această caracteristică permite folosirea lor în radiotehnică și telecomunicații precum și la mașini electrice care lucrează în condițiile climatului tropical umed.

Colorarea lacului poliuretanic

O particularitate interesantă a lacului poliuretanic este posibilitatea colorării lui cu ajutorul coloranților solubili în solvenții lacului.

La noi s-au realizat fără dificultăți conductoare colorate în 4 culori. Coloranții nu modifică proprietățile electrice ale peliculei. Sub influența temperaturii, coloranții își modifică nuanța iar la depășirea temperaturii optime de emailare, culoarea dispare. Aceasta prezintă avantaje importante, constituind o indicație a respectării procesului tehnologic cu atît mai mult cu cît pelicula lacului poliuretanic necolorat este transparentă, deci defectele de izolație sînt greu de perceput vizual.

Culoarea peliculei este interesantă și pentru utilizarea conductoarelor în radiotehnică și la fabricarea aparaturii de înaltă frecvență pentru identificarea circuitelor.

Sudarea

Peliculele lacurilor electroizolante folosite la emailare (uleios, poliamidic, tereftalic) se descompun la temperaturi ridicate prin carbonizare.

Din această cauză, în locul respectiv sîrma trebuie curățată prin procedee mecanice și chimice.

Pelicula lacului poliuretanic se comportă cu totul altfel în acest caz. La temperaturile ridicate de peste 350°C pelicula de poliuretan se

descompune în componenții inițiali — izocianat și poliester. Descompunerea se produce fără reziduuri care să influențeze negativ asupra purității suprafeței conductorului în locul respectiv.

Se obține o cositorire corespunzătoare dacă conductoarele sînt scufundate în porțiunea dorită în aliaj de lipit la temperatura de 350°C timp de 6 secunde.

La ridicarea temperaturii, timpul de ședere se reduce sensibil.

Astfel la 360°C este nevoie numai de 3 secunde.

La lipirea cu ciocan electric se poate întîmpla ca acesta să nu dea rezultate corespunzătoare, în special la conductoarele cu diametrul mai mare. În acest caz se va folosi un ciocan electric cu putere mai mare care va da în mod sigur rezultatele dorite.

În ceea ce privește legătura dintre regimul termic la emailarea conductorului și timpul de ședere în baia cu cositor la o anumită temperatură, influența este neglijabilă.

Concluzii

Conductoarele emailate cu lac poliuretanic sînt utilizate în construcția unor mașini electrice, bobine pentru aparataj electrotehnic precum și în radiotehnică și telecomunicații.

Proprietățile termice excelente sînt superioare conductoarelor emailate cu lac viniflex. Conductoarele prezintă rezistență mecanică bună și rezistență la umiditate, ceea ce permite folosirea lor la mașini electrice cu rotorul solicitat puternic sau care lucrează în mediu tropical umed.

Posibilitatea colorării lacului permite utilizarea conductoarelor emailate în radiotehnică și telecomunicații.

O proprietate caracteristică — sudabilitatea — deschide acestor conductoare un cîmp larg de utilizare și ușurează considerabil operația de cositorire, deoarece prin încălzire pelicula se îndepărtează complet lăsînd în urmă o suprafață ireproșabilă.

Enumerarea unora din proprietățile de bază ale conductoarelor emailate cu lac poliuretanic ne permite cunoașterea avantajelor pe care le oferă aceste conductoare atît de puțin utilizate la noi.

Bibliografie

[1] *Privezențev, V. A., Maiofis, I. M., Antonova, E. R.* — Conductoare emailate pe bază de poliuretan. În: Vestnik Electropromîșlennosti, **28**, nr. 12, decembrie, 1957.

[2] *Morgner, J.* Conductorul lăcuit cu poliuretan, sudabil — un material interesant pentru industria aparatelor de telecomunicații. În: Nachrichtentechnik nr. 12, 1957.

Intrat în redacție la 3.IV.1962.

RECENZII

CZ 621.313.001.24

Academician prof. ing. I. S. GHEORGHIU : **Maşini electrice (probleme)** vol. II. Editura Tehnică — Bucureşti — 1961.

Seria tratatelor scoase de acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu s-a îmbogăţit la finele anului precedent cu o nouă lucrare. Ea a apărut în librărie la începutul acestui an.

Acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu a scris pînă astăzi trei volume, respectiv trei lucrări, care tratează despre teoria maşinilor electrice şi anume :

— vol. I. Maşina de curent continuu, transformatorul ;
— vol. II. Maşina asincronă ;
— vol. III. Maşina sincronă.

Pe lîngă acestea, tov. acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu a scos volumul I de probleme în legătură cu maşinile de curent continuu şi cu transformatoarele. Volumul II (probleme) apărut la finele anului 1961 tratează probleme în legătură cu materialul corespunzător volumului II al lucrării, adică în principal cu maşini asincrone.

Editura Tehnică a anunţat că este în pregătire şi al treilea volum al aceluiaşi autor cu probleme în legătură cu maşina sincronă adică în legătură cu materialul apărut în volumul III al teoriei.

În felul acesta acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu completează fiecare din cele trei volume de teorie apărute pînă astăzi cu trei volume de probleme corespunzătoare.

Această combinaţie extrem de utilă atît din punct de vedere practic cît şi didactic este rar întîlnită în literatură şi formează un caracter deosebit al lucrărilor acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu.

Asimilarea cunoştinţelor teoretice numai pe baza unor tratate ale teoriei maşinilor electrice nu duce în general la rezultate pozitive. Cititorul nu va ajunge să cunoască maşina electrică în aşa fel încît să o stăpînească, să-i amelioreze performanţele, să-i ieftinească preţul de cost.

La studiul şi cunoaşterea maşinilor electrice se aplică principiul studiului matematicilor.

Vrei să ştii matematică ? Fă exerciţii.

Vrei să ştii teoria maşinilor electrice ? Fă probleme, proiectează.

Vrei să cunoşti bine funcţionarea, performanţele, posibilităţile maşinii electrice ? Trebuie să cunoşti teoria şi să faci probleme. Nu se poate una fără alta.

Acesta este principiul de la care pleacă acad. prof. ing. I. S. Gheorghiu.

Principiul este corect şi dacă nu toată lumea îl găseşte evident, practicienii ştiu cît este de important. Este lucru cunoscut că de exemplu tratatele de proiectare fără exemple de calcul sînt evitate, în timp ce cele cu exemple de calcul sînt foarte căutate.

Acad. I. S. Gheorghiu are o vastă experienţă didactică şi a apreciat corect importanţa problemelor de completare a teoriei. Din acest motiv această carte, vol. II „Probleme" completează vol. II corespunzător din teorie şi cuprinde teoria maşinilor de curent alternativ fără colector şi maşina asincronă.

Lucrarea cuprinde 14 capitole şi este împărţită în două părţi.

Prima parte cu 4 capitole cuprinde probleme în legătură cu proprietăţile comune maşinilor de curent alternativ sincrone şi asincrone cum sînt : determinarea cîmpurilor magnetice utile în fier şi întrefier, cîmpurile de scăpări etc.

Celelalte 10 capitole, care urmează, cuprind probleme în legătură cu teoria încercărilor şi proiectarea maşinii asincrone.

Aceste trei domenii ale maşinilor electrice în general şi ale maşinii asincrone în particular, se întrepătrund în toate capitolele volumului, însă pentru partea experimentală s-au prevăzut în mod special capitolele VII şi VIII, iar pentru elementele de proiectare capitolul XIV. O atenţie deosebită s-a dat problemelor legate de utilizarea maşinilor asincrone în diverse industrii, prin tratarea lor în aproape toate capitolele volumului şi în special în capitolele XI şi XII.

Lucrarea cuprinde un total de 447 pagini.

Dăm mai jos în detaliu conţinutul capitolelor.

Partea I. „*Elemente fundamentale comune în funcţionarea maşinilor electrice de curent alternativ*" 120 pagini.

Cap. I. „Cîmpuri magnetice în întrefierul maşinilor de curent alternativ" cu 7 probleme şi 45 pagini — 18 figuri.
Cap. II. „Forţa electromotoare în maşinile de curent alternativ" cu 4 probleme şi 18 pagini — 3 figuri.
Cap. III. „Înfăşurările maşinilor de curent alternativ" cu 8 probleme şi 38 pagini — 28 figuri.
Cap. IV. „Scăpările (dispersia) în maşinile de curent alternativ" cu 4 probleme şi 20 pagini — 8 figuri.

Partea a II-a. „*Maşina asincronă*" 302 pagini.

Cap. V. „Funcţionarea motorului asincron trifazat" cu 4 probleme şi 30 pagini — 7 figuri.
Cap. VI. „Cupluri parazite în maşinile asincrone" cu 3 probleme şi 28 pagini — 1 figură.
Cap. VII. „Caracteristicile motorului asincron trifazat" cu 3 probleme şi 31 pagini — 10 figuri.
Cap. VIII. „Încercările motorului asincron trifazat" cu 6 probleme şi 32 pagini — 9 figuri.
Cap. IX. „Motorul asincron monofazat" cu 4 probleme şi 20 pagini — 9 figuri.
Cap. X. „Motoare asincrone cu bare înalte şi cu colivie dublă cu 4 probleme şi 32 pagini — 7 figuri.
Cap. XI. „Regimuri speciale (nenominale) de funcţionare a motorului asincron cu 6 probleme şi 32 pagini — 11 figuri.
Cap. XII. „Motorul asincron în exploatare" cu 6 probleme şi 24 pagini — 4 figuri.
Cap. XIII. „Regimul tranzitoriu al maşinii asincrone cu 3 probleme şi 15 pagini — 3 figuri.
Cap. XIV. „Elemente de calcul (de proiectare) pentru maşina asincronă" cu 3 probleme şi 44 pagini — 7 figuri.

Lucreara se completează cu un număr de 7 pagini cuprinzînd anexele referitoare la anumite capitole. Aceste anexe cuprind tabele foarte utile pentru necesităţile practice în afară bineînţeles de necesităţile pentru soluţionarea problemelor făcînd obiectul cărţii. Astfel în aceste tabele se găsesc : Norme şi dimensiuni pentru izolaţia crestăturilor maşinilor electrice pînă la 550 volţi cu 4 jumătăţi de secţie în crestături ; Norme similare pentru înfăşurările rotorice ; Valori recomandate ale factorului de putere şi randamentului pentru motoare asincrone trifazate cu rotorul bobinat şi pentru cele cu rotorul în scurtcircuit ; Diferitele elemente pentru proiectarea maşinilor asincrone ca de exemplu : valori recomandate pentru pasul polar şi pentru lungimea ideală ; constanta maşinilor asincrone normale în funcţie de pasul polar ; curbele lăţimii ideale a canalului de ventilaţie pentru $b = 10$ mm ; curba factorului de corecţie al inducţiei magnetice în jug, k_j ; abace pentru calculul motoarelor cu circuite imprimate etc.

Lucrarea este precedată de o listă completă şi clară a notaţiilor folosite. O bibliografie pe două pagini completează lucrarea.

Lucrarea ţine seamă de progresul, care s-a realizat în ultimul timp în domeniul maşinilor electrice în special prin creşterea coeficientului de utilizare, prin reducerea preţului de cost, apariţia unor materiale cu proprietăţi superioare, apariţia de tipuri noi de maşini.

Valorile numerice date în lucrare, solicitările electrice şi magnetice, indicii de utilizare precum şi dimensiunile maşinilor date ţin seamă de progresele realizate în ultimii ani.

De asemenea ţinînd cont de apariţia în ultimul timp a maşinilor electrice cu circuite imprimate folosite în special în automatică şi telemecanică, în cap. XIV se tratează pe lîngă dimensionarea maşinilor asincrone clasice şi dimensionarea unui motor asincron avînd ca înfăşurări circuite imprimate.

În lucrarea sa, autorul a căutat şi a reuşit pe deplin ca aranjamentul şi sistematizarea materialului şi problemelor să fie astfel încît să se înceapă cu problemele mai generale

cu problemele care privesc mașina în totalitate și numai după aceea să se treacă la problemele particulare privind fenomenele mai intime ale mașinii electrice respective. Se referă la partea a II-a a lucrării adică la mașina asincronă deoarece la partea întîi problemele tratează exclusiv teoria generală. Acest lucru este ușor de văzut din enumerarea și denumirea capitolelor făcute mai sus.

Autorul își propune ca în primul rînd cititorul să se familiarizeze cu ecuațiile de bază generale ale mașinii asincrone, astfel ca să pornească mai cu spor la problemele cu caracter mai special însă mai apropiate de felul cum se prezintă ele în practică. De exemplu, capitolul V cu care se începe partea a doua tratează 4 probleme avînd caracter general tocmai în scopul care s-a arătat mai sus. Prima chestiune arată soluționarea într-un caz concret a problemei circuitului echivalent în T sau Γ al unui motor avînd datele cunoscute și completate cu unele măsurători simplu de efectuat. A doua chestiune a acestui capitol soluționează printre altele problema curbei cuplului în funcție de alunecare la funcționarea nominală și într-un caz mai puțin obișnuit.

În capitolul VII la problema 1 se soluționează felul cum se pot trasa toate caracteristicile motorului asincron cu ajutorul datelor de calcul, fie că acestea au fost corectate prin măsurători la platforma de încercare, fie că nu, în timp ce a doua problemă soluționează o chestiune mai specială și anume trasarea caracteristicilor :

$$P_2 = f(P_1)\,;\ \cos\varphi_1 = f(P_1)\,;\ \eta = f(P_1) \text{ și } s = f(P_1)$$

în cazul unui motor în dublă colivie.

Pentru a putea ilustra importanța pe care o prezintă volumul II „Probleme" al acad. prof. I. S. Gheorghiu, găsim că este util ca să descriem unele probleme tratate și soluționate în carte. Practicienii vor putea să aprecieze valoarea lucrării chiar din aceste puține exemple.

Astfel, la pagina 275 se tratează problema unui motor monofazat asincron de 250 W tensiune, 220 V și 50 Hz.

Se cere să se determine care este condensatorul care pus în serie cu înfășurarea auxiliară să asigure o funcționare nominală optimă. De asemenea se cere să se determine care este condensatorul care asigură o pornire sub anumiți parametri de pornire dați, moment de pornire dat, sau curent de pornire dat. Problema este tratată numeric pînă la cele mai mici detalii astfel încît orice practician care va avea de soluționat o astfel de problemă se va putea descurca cu ușurință. Mai mult chiar, soluționarea problemei din carte îl va familiariza pe cititor cu ordinul de mărime al elementelor care intervin : 7—8 μF ; 35—40 μF, etc.

Semnatarul acestor rînduri a avut de rezolvat numeroase astfel de probleme și a trebuit să depună eforturi deosebite, deoarece în lucrările curente (cum ar fi de pildă Richter IV) astfel de probleme sînt arătate numai teoretic. În viitor colegii practicieni vor găsi gata soluția și mersul soluției în lucrarea tov. acad. I. S. Gheorghiu, evitînd eforturi suplimentare și pierderi de timp.

O soluție deosebit de utilă o găsim la pag. 173, la chestiunea VI—1. În acest exemplu se pune problema unui motor asincron ale cărei date constructive se cunosc și se cere să se determine :

1. Care este raportul dintre valorile maxime ale cuplurilor parazite de tip asincron în cuplul de pornire al fundamentalei.
2. Care este pasul scurtat al înfășurării statorice pentru ca cuplul parazit cel mai puternic, determinat la punctul 1, să se anuleze practic.
3. Ce relație trebuie să existe între numărul de crestături statorice și rotorice, și care este înclinarea optimă a barelor rotorice pentru ca cuplurile parazite asincrone datorite armonicelor de dantură să fie neglijabile.

Toți cei ce au lucrat cu motoare asincrone, toți cei ce au încercat astfel de motoare știu ce surprize pot aduce cuplurile parazite. Nu o dată la platformele de încercări ale uzinelor de mașini electrice se ivesc motoare care rămîn agățate, cum se zice în limbajul comun, adică nu pot ajunge la turația nominală. Cauza este cuplul parazit al cărui studiu este expus practic și numeric în exemplul de probleme arătat aici.

Se citează problema II-1, de la pagina 67 ca una de o deosebită utilitate didactică. În aceasta este vorba de o mașină sincronă cu 4 poli producînd în întrefier o curbă de inducție trapezoidală. Datele mașinii sînt cunoscute și arătate în anunț. Se cere :

1. f.e.m. indusă într-un conductor al înfășurării indusului ;
2. f.e.m. indusă într-o spiră diametrală a înfășurării indusului ;
3. f.e.m. indusă într-o spiră avînd un pas scurtat cu $\pi/6$ radiani electrici.

În soluționarea acestei probleme arătată în lucrare se poate urmări, numeric și clar, care sînt formele de unde ale f.e.m. și care este efectul scurtării, cum influențează armonicele superioare ale inducției forma undei și valoarea ei etc. Valoarea didactică a problemei este evidentă.

Nu putem trece mai departe, fără a menționa ca deosebit de important felul cum acad. I. S. Gheorghiu sistematizează materialul. Mersul soluției este o prelegere de curs. Cititorului i se explică pas cu pas cum trebuie privite problemele, cum trebuie soluționate, se arată apoi formulele și apoi se aplică în locul fiecărui simbol cifra respectivă. Cel ce rezolvă o problemă din cartea tov. acad. prof. I. S. Gheorghiu a învățat simultan și o parte din teoria mașinilor electrice.

Lucrarea este deosebit de utilă practicienilor, așa cum s-a arătat, care vor găsi aici soluțiile problemelor practice de care s-au izbit în exercitarea meseriei lor. Lucrarea este de asemenea necesară studenților care vor să cunoască mai bine teoria și a cărei aprofundare este mult mai temeinică dacă simultan cu teoria se fac și probleme. În afară de aceștia, cartea este necesară și foarte utilă și practicienilor, care se ocupă cu exploatarea (cap. XII).

Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R. prevăd în legătură cu mașinile electrice o creștere de 2,4 ori a puterii motoarelor construite și de 2,7 ori a energiei electrice produse în anul 1955 față de anul 1959. În aceste condiții de mers, înainte, cartea tov. acad. prof. I. S. Gheorghiu aduce o contribuție importantă la îndeplinirea noilor sarcini, care revin uzinelor de mașini electrice, în ridicarea calității produselor, ieftinirea prețului de cost și, ceea ce este mai important, în ridicarea nivelului tehnic al lucrătorilor care se ocupă cu mașinile electrice în patria noastră.

Ing. V. BUNEA

CZ 621.313

LAZU. C. și CORLĂȚEANU V. **Mașini electrice.** Editura de stat didactică și pedagogică, 512 pagini, 441 figuri, București, 1960.

În jumătatea a doua a anului 1961 a apărut în librării lucrarea prof. ing. C. Lazu și prof dr. ing. V. Corlățeanu, Mașini electrice. Primul volum tratează despre mașina de curent continuu și despre transformator. El va fi urmat de un al doilea volum care va trata despre mașinile de curent alternativ, adică mașinile sincrone și mașinile asincrone, inclusiv cele cu colector.

Lucrarea este destinată a servi ca manual didactic studenților din facultățile de învățămînt tehnic superior, care studiază teoria mașinilor electrice ca un curs aparte, cu excepția celor care se specializează în mașini și aparate electrice.

Ordinea de succesiune a materiei este aceea introdusă la noi în țară de ani de zile de academician prof. I. S. Gheorghiu și care a devenit tradiție. Alți autori, destul de numeroși ca de exemplu Livschitz, considerînd că mașina de curent continuu este un caz particular al mașinii de curent alternativ, expun teoria mașinilor electrice în ordinea : transformatorul, mașina asincronă, mașina sincronă, mașina de curent continuu, mașinile de curent alternativ cu colector. De asemenea unii autori, de exemplu Richter, adoptă o ordine diferită : se începe cu mașina de curent continuu, se continuă cu mașina sincronă, transformatorul, mașina asincronă și în fine mașinile de curent alternativ cu colector.

Socotim că tradiția introdusă la noi de academician I. S. Gheorghiu și adoptată și de autorii lucrării recenzate de noi este o tradiție bună. Se respectă principiul trecerii de la simplu și concret la complicat și abstract, principiu care are o valoare pedagogică incontestabilă.

Autorii au căutat ca să imprime lucrării un caracter cît mai didactic posibil, depunînd pentru aceasta o stăruință

deosebită. Astfel remarcăm, între altele, claritatea și simplitatea cu care se explică principiul reversibilității mașinilor electrice (pag. 7), înfășurările de curent continuu (pag. 48), diagrama energetică a generatorului de curent continuu (pag. 168), reglajul vitezei motorului serie (pag. 23), conservarea puterilor active și reactive în funcționarea transformatorului (pag. 339), procesele produse în înfășurările transformatoarelor la apariția supratensiunilor (pag. 416) ș.a.

Volumul I începe cu o prefață și o introducere. În introducere (20 pag.) se expun definițiile, principiile de bază ale funcționării mașinilor și transformatoarelor electrice, materialele folosite, tipurile constructive, standardele romînești privitoare la mașini electrice și istoricul industriei de mașini electrice în R.P.R.

După introducere, se începe cu expunerea materialului de bază, și anume cu partea I: mașini de curent continuu. Această parte are 274 pagini și este împărțită în 16 capitole și anume: I. Generalități, cu 11 pagini; II. Circuitul magnetic al mașinii de curent continuu la mersul în gol, cu 12 pagini; III. Înfășurările mașinilor de curent continuu, cu 40 pagini; IV. Reacția indusului la mașinile de curent continuu, cu 11 pagini; V. Comutația, cu 16 pagini; VI. Procedee pentru ameliorarea comutației, cu 15 pagini; VII. Pierderile și randamentul mașinilor electrice, cu 13 pagini, VIII. Încălzirea și răcirea mașinilor electrice, cu 16 pagini; IX. Studiul generatoarelor de curent continuu, cu 25 pagini; X. Cuplarea și mersul în paralel al generatoarelor de curent continuu, cu 7 pagini; XI Studiul proprietăților generale ale motoarelor de curent continuu, cu 8 pagini; XII. Studiul particularităților de funcționare a motoarelor de curent continuu cu 32 pagini; XIII. Regimuri tranzitorii în funcționarea mașinii electrice de curent continuu, cu 4 pagini; XIV. Mașini speciale de curent continuu, cu 19 pagini; XV. Considerații generale cu privire la încercarea mașinilor electrice, cu 2 pagini; XVI. Determinarea randamentului mașinilor de curent continuu, cu 18 pagini.

Partea a doua a acestui volum cuprinde studiul transformatorului. Această parte are 204 pagini și 11 capitole numerotate în continuarea capitolelor din partea I, adică de la XVII pînă la XXVII inclusiv și anume: XVII. Generalități asupra transformatoarelor, cu 15 pagini; XVIII. Teoria transformatorului monofazat, cu 18 pagini; XIX. Transformatorul trifazat, cu 16 pagini; XX. Determinarea analitică a parametrilor transformatorului, cu 4 pagini; XXI. Conexiunile înfășurărilor transformatoarelor trifazate, cu 12 pagini; XXII Încărcarea asimetrică a transformatoarelor trifazate, cu 14 pagini; XXIII. Funcționarea în paralel a transformatoarelor, cu 3 pagini; XXIV. Procese tranzitorii în funcționarea transformatorului, cu 21 pagini; XXV. Încălzirea și răcirea transformatoarelor, cu 13 pagini; XXVI. Transformatoare speciale, cu 38 pagini; XXVII. Încercările transformatoarelor, cu 14 pagini; bibliografie, cu 24 titluri;

Autorii, ținînd seama de specialitatea studenților ingineri cărora le este adresată lucrarea — viitori ingineri care vor exploata mașinile electrice — au accentuat și dezvoltat, într-un mod deosebit, partea funcțională a mașinii de curent continuu și a transformatorului.

Acest lucru iese în evidență mai ales în partea a doua a cărții „Transformatorul", unde problemelor constructive le sînt dedicate 12 pagini la paragraful 17.4 (pag. 300—312) și problemelor de teorie, 18 pagini, respectiv cap. XVIII. Față de acest material de studiu, care acoperă partea constructivă și teoretică, problemelor de funcționare autorii le dedică 119 pagini.

În afară de aceste două categorii de probleme, adică acele teoretice-constructive și acele de funcționare, autorul dă atenție suficientă și problemelor de încercări de verificare a calității, precum și problemei transformatoarelor speciale. Menționăm chiar, ca deosebit, de interesant și util, faptul că la capitolul transformatoare speciale autorii tratează 9 tipuri de transformatoare speciale, care acoperă cele mai multe necesități, ce pot apare în practică: transformatorul cu 3 înfășurări, autotransformatorul, transformatorul cu reglaj sub sarcină, transformatorul pentru intensități foarte mari de curent, transformatorul de sudură; transformatoarele de fază, transformatoarele pentru încercări sub înaltă tensiune, amplificatorul magnetic.

Aceeași stăruință se observă și la partea întîi, mașina de curent continuu.

Datorită însă faptului că mașina de curent continuu este mai complicată decît transformatorul și că în teoria sa sînt analizate și unele probleme care au contingențe și cu mașinile de curent alternativ (de pildă, problema pierderilor și a randamentului mașinilor electrice, cea a încălzirii și răcirii lor ș.a.), problemele constructive și teoretice respective sînt tratate, în această parte întîi a lucrării. pe un spațiu mai mare. Se poate socoti că aici, jumătate de material este dedicat problemelor constructive și teoretice și jumătate problemelor funcționale.

O deosebită atenție a fost dată dezvoltării și expunerii capitolului XIV „Mașini speciale de curent continuu". Autorii studiază în acest capitol: mașina de curent continuu homopolară, mașinile de curent continuu cu cîmp transversal, mașinile amplificatoare și generatoarele cu 3 perii. În cadrul subtitlului „Mașini de curent continuu cu cîmp transversal," autorul analizează pe scurt o parte teoretică generală, apoi examinează îndeaproape metadina, generatorul de sudură, generatorul pentru iluminatul trenurilor, precum și amplidina.

Mașinilor amplificatoare autoexcitate le este dedicată o parte separată (sub 14—4) în care sînt studiate după o expunere generală teoretică: regulexul, rototrolul și generatorul cu trei înfășurări.

În cadrul generatoarelor cu trei perii se studiază generatorul de sudură și generatorul pentru autovehicule.

Menționăm claritatea cu care autorii studiază teoria amplidinei, teorie expusă pe numai 4 pagini, însă care conține tot ceea ce este necesar pentru înțelegerea acestei mașini delicate, precum și a particularităților funcționale ale acesteia. De asemenea, generatorul pentru autovehicule este expus într-o formă simplă, ușor de înțeles.

Am arătat îndeaproape conținutul capitolului mașini de curent continuu speciale, deoarece aceste tipuri de mașini se răspîndesc din ce în ce mai mult și este util ca cei care au nevoie, prin preocupările lor, să cunoască în principiu cum lucrează și cum funcționează aceste mașini, să știe că în lucrarea autorilor Ing. C. Lazu și ing. V.Corlățeanu, găsesc materialul necesar.

Numărul mare de figuri care însoțesc expunerile teoretice (441 figuri la 512 pagini) au darul de a ridica și mai mult valoarea pedagogică a lucrării.

În afară de caracterul didactic, această lucrare are și un caracter mai general de manual, în care inginerul sau tehnicianul, care are tangență cu mașinile electrice fie că acestea intră în cadrul preocupărilor sale directe, fie indirecte, va găsi expus într-o formă aleasă problema care îl interesează.

Din punct de vedere editorial lucrarea a apărut în condiții bune. O erată așezată la sfîrșit corectează unele scăpări, care s-au mai putut strecura.

Ediția 1 a acestei lucrări este epuizată, astfel încît la apariția acestor rînduri s-a și pus în vînzare o a doua ediție. Autorii au profitat de intervalul dintre aceste două ediții, astfel încît ediția a II-a apare îmbunătățită față de prima.

Ing. **V. Bunea**

CZ. 621.313.045.1 (023)

BĂLĂ C., FETIȚA AL., LEFTER V. **Cartea bobinatorului de mașini electrice.** Editura Tehnică, București, 1961.

Manuale pentru bobinatori au mai apărut în limba romînă mai mult sau mai puțin incomplete. De astă dată Editura tehnică a avut buna inspirație de a ne prezenta lucrarea unui colectiv de autori care s-au străduit și au reușit în bună măsură să împlinească lipsa unui manual de nivel mediu competent, la nivelul actual al tehnicii și la cel al muncitorilor și tehnicienilor noștri ale căror pretenții, în pas cu marile realizări în domeniul industriei electrotehnice din țara noastră, sînt în continuă creștere.

Se pornește în primul capitol, de la cîteva noțiuni de bază din electrotehnică strict necesare înțelegerii funcționării și construcției mașinilor electrice descrise în continuarea

capitolului I, care se încheie cu prezentarea rolului pe care-l au în mașinile electrice înfășurările, și care constituie obiectul întregii cărți. Capitolul următor se ocupă atît de materialele conductoare cît și de cele izolante folosite în construcția mașinilor electrice.

În capitolul III autorii se ocupă de înfășurările concentrate, descriind tipurile și funcțiunile acestor înfășurări, așezate atît pe inductorul mașinilor de curent continuu cît și pe cel al mașinilor sincrone. Aici ar trebui remarcat pe de o parte că ar fi fost util să se scrie cîte ceva și despre înfășurări de „ecranare" la micromașini asincrone care intră în aceeași categorie (amintite în cap. VII), iar pe de altă parte ar fi fost poate mai nimerit a se vorbi despre armătura inductoare decît despre stator (la mașinile de curent continuu și uneori la cele sincrone) sau despre rotor (la mașinile sincrone așazise normale).

Capitolul următor (al IV-lea) tratează amănunțit înfășurările de curent continuu de diferite tipuri prezentînd și cîteva elemente de calcul al acestor înfășurări — ceea ce de altfel este făcut și de capitolul precedent și de cel următor. Acesta (al V-lea) se ocupă de înfășurările de curent alternativ de diferite tipuri, inclusiv înfășurările în colivie.

Un capitol special (VI) este consacrat înfășurărilor cu schimbarea numărului de poli.

Deosebit de util este și capitolul VII în care colectivul de autori descrie înfășurările mașinilor mici și foarte mici de curent continuu și alternativ, neuitînd nici modernele înfășurări imprimate.

Capitolele VIII și IX se ocupă de construcția și execuția înfășurărilor de mașini electrice. Primul dintre ele tratează elementele auxiliare ale înfășurărilor (conductoare de legătură, borne, colectoare, perii etc.) Celălalt capitol are ca obiect construcția, execuția, defectele și încercările diferitelor tipuri de înfășurări, mergînd pînă la detalii cu privire la echilibrarea statică și dinamică a rotoarelor.

În ultimul capitol (X) se dau cîteva indicații prețioase pentru cei cărora li se adresează cartea privitoare la utilajele și organizarea atelierului de bobinat mașini electrice. Cartea este prevăzută cu o bibliografie utilă (se dau titluri apărute în limba romînă, între care abundă cele traduse din limba rusă care reprezintă practica unei tehnici avansate).

Anexele (I...XVII) care însoțesc cartea sînt toate de un prețios ajutor bobinatorului. Din păcate a fost necesară încheierea lucrării și cu o... erată (referitoare însă în principal la 1...2 coli).

Ceea ce, printre altele, caracterizează cartea este și lăudabila operă de răspîndire a numeroase invenții și inovații romînești în domeniul înfășurărilor mașinilor electrice.

Editura tehnică s-a străduit să prezinte cartea în condiții grafice bune (între altele numeroase figuri în culori care înlesnesc urmărirea schemelor înfășurărilor mai complicate).

Ca principală lipsă a cărții (justificată numai parțial de titlul ei) consider absența tratării înfășurărilor transformatoarelor, lipsă pe care autorii vor trebui să o înlăture la o viitoare ediție.

Ing. **Bîrgăuanu Mihu**

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621. 3.028.22

Sidall, G., Probyn, B. A. **Rezistențe cu pelicule de metal depuse în vid.** In: Brit. J. appl. Phys. **12**, nr. 12, dec. 1961, p. 668—674, 4 fig., 13 ref. bibl.

Cu toate că peliculele subțiri de metal depuse în vid au fost studiate de mulți ani, abia de curînd proprietățile electrice anormale ale lor au fost utilizate practic. Se discută cele mai importante condiții pentru depunerea rezistențelor din pelicule de metal și se propune un ciclu de tratare în aer pînă la 300—350°C pentru stabilizarea rezistenței peliculelor din aliaj nichel-crom, împiedicînd variația ireversibilă mare în limitele obișnuite ale temperaturii de utilizare. Stabilitatea peliculelor tratate neprotejate în gamma 60—2 400 Ω/cm² a fost determinată pe o durată de 2 000 h în sarcină (0,17 W/cm²) și 8 000 h în gol. Diagramele de frecvență arată numărul rezistențelor măsurate și variația procentuală a rezistenței lor. În gol variația rezistențelor a crescut în medie cu 1% în comparație cu o foarte mică descreștere a acelorași rezistențe în gol. Coeficientul de variație a rezistenței peliculelor cu temperatura în gamma 600—900 Ω/cm² variază între 0,02—0,1% $(°C)^{-1}$ în funcție de depunerea de metal. Pornind cu un aliaj de 80/20 nichel-crom, cele mai coborîte valori ale coeficientului de variație a rezistenței cu temperatura sînt obținute pentru depuneri sub 5 Å s^{-1} și se discută acest efect în funcție de oxidarea peliculei și de separarea aliajului în timpul evaporării.

A.S.

CZ 621.313 *Mașini electrice*

CZ 621.313-752 : 534.154

Pfützner, E. **Probe pentru determinarea calității rotirii la electromotoare din seria 0,63—5 kW.** In: Elektrie, **16** nr. 3, mart, 1962, pag. 64—68, 3 fig., 9 tab.

În contracția electromotoarelor, calitatea rotirii este determinată de doi factori și anume: de vibrațiile și de zgomotele pe care le produc acestea în timpul rotirii.

Autorul se referă în articolul său la toate probele, precum și la ordinea în care acestea trebuie executate. Descrie toată aparatura necesară care se compune: dintr-un dispozitiv de preluare a vibrațiilor din gamma de 15 Hz — 12 kHz, un amplificator, un filtru de vibrații și un voltmetru electronic. Fiecare unitate este analizată separat prezentîndu-se toate datele tehnice. După ce clasifică electromotoarele pe categorii avînd la bază rezultatele probelor efectuate, autorul indică și unele posibilități de remediere a unor defecte care întrec limitele permise de normele în vigoare. Articolul este foarte interesant pentru inginerii și tehnicienii care construiesc, repară sau recepționează asemenea electromotoare.

T.W.

CZ 621.313.3. 044.53 :534.835.45

Walker, J. H., Kerrinsh, N. **Zgomotul motoarelor cu poli aparenți.** În: AEI — Engng., **1**, nr. 12 dec., 1961, pag. 428 — 435, 7 fig., 2 tab., 3 ref. bibl.

În motoarele cu poli aparenți există trei feluri de zgomote: 1) zgomot magnetic (dat de repartiția fluxului în întrefier; nu variază de la gol la sarcină); 2) zgomot de sarcină (dat de tensiunea magnetomotoare a înfășurării statorice); 3) zgomot aerodinamic (dat de rotația polilor și ventilatorului rotorului). Cel mai important și dificil de studiat este zgomotul magnetic. Pentru stabilirea zgomotului magnetic au fost încercate 24 mașini, modificînd în cursul încercărilor întrefierul a 5 din ele pentru reducerea armonicelor. Datele calculate și cele măsurate se referă la sunetul cu frecvența 2 *nf* dat de fundamentala permeanței crestăturii statorului. Din rezultate se confirmă că rolul carcasei în producerea zgomotului de înaltă frecvență este neglijabil. Metoda de calcul aplicată nu poate constitui singură un criteriu de apreciere a silențiozității unei mașini. Există o probabilitate de 70% ca valorile măsurate să fie mai mari decît cele calculate. Rezonanța mecanică a miezului cu armonica de cuplu aplicată apare totdeauna o dată cu zgomotul magnetic de înaltă frecvență. Se pare că în aceste mașini, dacă arcul polului rotorului cuprinde un număr întreg de pași ai crestăturilor, nu se produce vreo pulsație a fluxului din polul rotorului cînd acesta trece printr-un pas al crestăturii statorului, dimpotrivă, dacă arcul polului cuprinde un număr de pași ai

crestăturilor, egal cu un întreg şi jumătate, pulsaţia fluxului este maximă. S-a încercat reducerea zgomotului prin mărirea lungimii radiale g a întrefierului. Notînd cu s lăţimea crestăturii, pentru a se obţine o micşorare sensibilă a nivelului de zgomot, raportul s/g trebuie redus la mai puţin de 1/2. Factorii care pot micşora zgomotul sînt: mărirea grosimii radiale a statorului (îngreunează şi scumpeşte maşina) şi buna fixare a miezurilor de carcasă. Antecalcularea zgomotului fiind laborioasă trebuie făcută cu maşini electronice de calcul. Se arată că rezultatele prezentate tabelar în articol au fost obţinute în cîteva ore folosind o maşină digitală; cu mijloace obişnuite un om ar fi calculat 12—15 luni. Zgomotul motoarelor mici se măsoară în camere surde. Zgomotul maşinilor mari se măsoară pe platformă sau la locul de instalare, cu condiţia ca zgomotul de fond să fie redus. La aceste măsurări trebuie să fie respectate normele.

A.S.

CZ 621.313.333.016.23 : 622.67

Sukailo V. F. **Determinarea puterii motorului electric al transportorului de abataj la sarcină variabilă.** In: Vestnik Elektropromîslennosti **32** nr. 12, dec. 1961, pag. 33—34, 2 scheme.

Pentru determinarea puterii motorului unui astfel de utilaj se foloseşte de obicei metoda pierderilor medii care este cazul limită al unei metode mult mai generale de calcul după depăşirea echivalentă a temperaturii izolaţiei. Limitarea zonei de aplicabilitate a metodei pierderilor medii se reduce la condiţia ca timpul ciclului sarcinii periodic variabile să fie mult mai scăzut decît constanta timpului de încălzire. Deoarece în practică această condiţie nu este îndeplintă (se citează exemplul unui transportor de abataj de mine la care timpul de funcţionare este mai mare decît constanta timpului de încălzire), autorul foloseşte metoda depăşirii maxime a temperaturii pe care o expune teoretic, apoi dă aplicaţiile respective.

M.G.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ 621.314.2 :631

Segatov M. I. **Transformatoarele din clasa 110 kV de putere redusă pentru electrificarea agriculturii.** In: Vestnik, Elektroprom. **32** nr. 12, dec. 1961, p. 5 — 10, 6 fig., 2 tab.

Autorul arată că pentru electrificarea agriculturii se cere în general un utilaj de putere redusă. Cum în zonele de acţionare a sistemelor energetice de stat este raţional a racorda consumatorii agricoli la reţeaua de transport de energie electrică de 220 sau 110 kV printr-un transformator de înaltă tensiune de putere redusă, problema ce se pune este realizarea acestor transformatoare. Autorul arată condiţiile cerute unor asemenea transformatoare şi realizarea lor de către Institutul de proiectare pentru utilaje energetice pentru agricultură, cît şi de consideraţiile de ordin tehnic care au stat la baza proiectelor, dîndu-se pe scurt parametrii principali ai transformatoarelor. Apoi, printr-un calcul scurt al eficacităţii economice, autorul conchide că prin folosirea substanţei de 110/10 kV cu transformator de 2 500 kVA fără întreruptoare în ulei pe partea de înaltă tensiune, este posibil a electrifica zonele şi punctele izolate cu populaţia scăzută în vecinătatea liniilor de transport de energie electrică de 110 kV.

M.G.

CZ 621.314.212.027.81

Fisler. I. L. **Transformatoare de mică putere pentru tensiunea de 110 kV.** In: Vestnik Electroprom., **32**, nr. 12, 1961, p. 11—15, 3 fig.

Se prezintă un nou tip de transformator cu puterea de 2 500 kVA, destinat alimentării directe cu energie electrică a raioanelor săteşti şi a unor industrii forestiere aflate în imediata apropiere de liniile de înaltă tensiune de 110 kV. Tensiunile: 110/11 kV. În partea de înaltă tensiune este montat un comutator pentru reglajul coeficientului de transformare în limitele $\pm$ 2,25%. Comutarea se face numai fără sarcină. Bobinajele de joasă tensiune pot fi realizate şi pentru tensiunea de 6,6 kV. Schema de conexiune: stea cu nulul aparent pe înaltă tensiune şi triunghi pe joasă tensiune. Tensiunea de scurtcircuit este de 7,6%. Miezul magnetic a fost realizat cu tole din oţel laminat la rece cu grosimea de 0,35 mm. Pierderile în fier sînt cu 40% mai mici decît cele prevăzute de GOST. În scopul măririi duratei de viaţă a transformatorului au fost micşorate valorile creşterilor de temperatură ale diferitelor elemente din transformator. Astfel, creşterea de temperatură la straturile superioare de ulei a fost redusă la 45°C, la bobinajele de înaltă tensiune la 52°C, iar la bobinajele de joasă tensiune la 54°C. Prin montarea a două radiatoare de răcire suplimentare, transformatorul poate fi încărcat — timp îndelungat — pînă la puterea de 4 000 kVA.

A.B.

CZ 621.314.2.004

Chaumier, C. **Consideraţii asupra transformatoarelor de mică şi mijlocie putere întrebuinţate în industrie.** In: L'Électricien, april. 1962, p. 68—72, 2 tab.

Articolul este foarte util pentru proiectanţi, ingineri şi tehnicieni care se ocupă cu dotarea şi întreţinerea transformatoarelor din industrii. Autorul trece în revistă o serie de transformatoare întrebuinţate în industrie cu puteri care nu depăşesc 300 kVA. Se începe cu transformatoarele normale cu dielectric lichid dînd toate indicaţiile necesare. Tratează în mod special problema dielectricului insistînd asupra piralenului, pe care-l compară apoi cu celelalte uleiuri minerale. Avantajele şi dezavantajele acestora sînt concentrate în tabela 1. Transformatoarele cu aer a căror putere se limitează la 150 kVA cu tensiune maximă de 15 kV sînt de asemenea analizate ca şi transformatoarele blindate şi cele antideflagrante cu izolant solid. În mod general şi pentru toate tipurile, se dau condiţiile optime de funcţionare, pierderile în fier şi cupru, pierderile prin încălzire, precum şi pierderile datorite scăderii de tensiune. De asemenea este analizată şi problema supratensiunilor cu duratele posibile. După ce tratează raportul de transformare şi căderea de tensiune, autorul analizează problema frecvenţei pentru care dă şi calculele necesare pentru cazul cînd transformatoarele trebuie adaptate la alte frecvenţe. Articolul se termină cu consideraţii asupra pierderilor în gol, a randamentului, a cuplării şi legării în paralel a două sau mai multe transformatoare.

T.W.

CZ 621.314.6 *Redresoare*

CZ 621.314.63 Si

Eigler, H.: **Construcţia redresoarelor cu siliciu.** In: Elektrie, **16**, nr. 4, april 1962, pag. 115—119, 3 fig.

În articol se analizează construcţia redresoarelor cu siliciu pentru scopuri industriale. Aceste redresoare pot debita curenţi pînă la 500 A sub tensiunea de 800 V. La redresoarele cu tensiuni de străpungere mari (2 000 V), curentul redresat atinge 150 A. Autorul descrie modul de fabricare a acestor redresoare insistînd asupra fabricării plăcilor de siliciu prin metoda difuzării şi prin metoda contactării. Pentru redresoarele confecţionate prin metoda contactării, plăcile de siliciu „pn" se prelucrează mai întîi prin lepuire pe o singură faţă, după care se obţine pe aceeaşi faţă lepuită, printr-o prelucrare adecvată, o suprafaţă răzuită. Această răzuire este extrem de fină astfel ca să poată face un contact intim cu o foaie subţire din materialul cu care se va acoperi placa de siliciu. Ambele se încălzesc în cuptoare speciale pînă cînd se produce fuziunea intimă a celor două materiale. Caracteristicile electrice ale plăcii redresoare se obţin din grosimea şi calitatea celor două materiale. Pentru fabricarea redresoarelor prin difuzare, plăcile din siliciu „pn" sînt prelucrate numai prin lepuire. Difuzarea se face în două etape, la 1 250° C cînd se introduc atomi de fosfor şi la 1 150°C cînd se introduc atomi de bor. Aceste operaţii se obţin în atmosferă de gaz inert, astfel că proprietăţile electrice obţinute prin procesul de difuzare se menţin.

T. W.

CZ 621.315.1/5 *Conductoare*

CZ 621.315.176 : 621.316.938.95

Neker, J. H.: **Protecţia liniilor de înaltă tensiune prin conductoare pilot.** In: L'Électricien, april, 1962, pag. 82—83, 1 fig.

Sistemele de protecţie a liniilor de înaltă tensiune circuite pilot dispuse în buclă, sînt o consecinţă a sistemelor de protecţie identice întrebuinţate şi în alte genuri de instalaţii electrice. Acest sistem este caracterizat prin faptul că circuitele pilot constituie o parte din conexiunile diferenţiale dintre transformatoarele aflate la extremitatea liniilor. Conductorul pilot repartizează capacitatea şuntului ca şi rezistenţa serie, ceea ce are ca rezultat prezentarea, în anumite condiţii, a unei atenuări şi a unei defazări nepermise. În sistemul de protecţie descris de autor, conductoarele pilot sînt întrebuinţate numai în scopul transmiterii informaţiei de o parte şi de alta a extremităţii liniei. Conexiunile diferenţiale se stabilesc pe fiecare extremitate, adică la locul lor. Prin urmare caracteristica electrică intră în joc numai cînd ea introduce atenuarea semnalului sau defazarea. Atenuarea se corectează prin întrebuinţarea unor amplificatoare speciale, iar defazarea se restabileşte prin circuite asociate concepute pentru acest scop.

T. W.

CZ 621.315.554 : 620.893.918.2

Spengler, H. **Îmbătrînirea termo-bimetalului.** In: ETZ—B, **14**, nr. 22, Oct. 1961, p. 596—601, 8 fig., 1 tab.

Lucrarea începe prin prezentarea unui tablou care, pentru diferitele combinaţii de termobimetale, indică în mod detaliat componenţa lor, proprietăţile fizice şi chimice, precum şi temperaturile limită de lucru. Este discutată apoi instabilitatea termobimetalelor provocată în timpul prelucrării materialelor din care sînt compuse aceste termobimetale. Această instabilitate dispare pe măsură ce termobimetalul are o durată de serviciu mai îndelungată. Aici este vorba de „îmbătrînirea naturală" redată de două diagrame diferite, reprezentînd variaţiile indicaţiilor între încălzire şi răcire atît după prima încercare cît şi după încercările 2, 3, 4 şi 5, adică după îmbătrînirea naturală.

Este definită şi discutată „îmbătrînirea termică" a termobimetalelor, care are ca scop obţinerea unei stări stabile a metalelor componente, adică a unei funcţionări precise (fără diferenţe între încălzire şi răcire) în cadrul limitelor indicate ca regim de serviciu. Temperatura recomandată pentru îmbătrînirea termică variază la diferiţi autori. În orice caz această temperatură nu poate fi prea mică pentru a nu provoca „îmbătrînirea naturală" şi nici prea mare pentru a evita începutul unei recristalizări a termobimetalelor si în consecinţă o instabilitate în măsurători.

Cu toate că temperaturile îmbătrînirii termice sînt astfel alese încît structura materialelor nu se schimbă, însuşirile acestor materiale, respectiv aliaje (duritatea, modulul de elasticitate şi limita de încovoiere elastică) variază totuşi în faza de destindere. Sînt prezentate şi discutate trei diagrame diferite, reprezentînd o încercare de „îmbătrînire termică" cu un anumit termobimetal. Urmează apoi condiţiile care trebuie respectate în timpul unei încercări de „îmbătrînire termică": temperatura, durata, sursa de căldură, deformările în timpul etalonării etc.

În încheiere sînt arătate cîteva procedee speciale de îmbătrînire, cum ar fi la declanşatorii de formă specială şi „îmbătrînirea rapidă" simplă sau repetată.

G. C.

CZ 621.315.6 *Izolaţii, Izolatoare*

CZ 621.315.616.96.015.51

Delectorski G. P. **Despre cîteva legităţi ale străpungerii izolaţiei din polietilenă.** In: Elektricestvo **81**, nr. 11, 1961, pag. 73—77, 2 fig., 4 tab., 4 formule, 6 ref. bibl.

Polietilena se întrebuinţează ca izolaţie ca urmare a rigidităţii mari pe care o are.

Rigiditatea scade însă atunci cînd ea intră în construcţia cablului, şi această scădere depinde în mare măsură de tehnologia la fabricaţie (a cablurilor, de exemplu), de diametrul conductorului izolat etc. Cauza principală a scăderii izolaţiei o constituie prezenţa incluziunilor de aer; acumularea unei sarcini electrice mai mari de $1{,}5 \cdot 10^{-1}$C duce la eroziunea incluziunii şi provoacă distrugerea materialului. În lucrare, autorul descrie, pe baza literaturii, procesul şi cauzele principale ale străpungerii izolaţiei de polietilenă. Sînt prezentate apoi cauzele care duc la formarea incluziunilor de aer în timpul procesului de fabricaţie. Se studiază în continuare mecanismul de producere a străpungerii şi considerarea momentului începerii ionizării prin tensiunea de ionizare. Determinarea acesteia este posibilă prin măsurarea tensiunilor şi timpilor de străpungere la două valori diferite.

Este analizată de asemenea corelaţia dintre tensiunea reală de ionizare şi frecvenţă.

Pe cale experimentală s-a determinat curba de viaţă a izolaţiei (dependenţa tensiunii de străpungere de timpul pînă la producerea străpungerii); rezultatele experimentale se suprapun cu suficientă aproximaţie peste cele calculate.

Rezultă astfel că relaţia stabilită în lucrare pentru determinarea timpului pînă la străpungere, precum şi a tensiunii de străpungere funcţie de frecvenţă reprezintă rezultate care pot fi aplicate la predeterminarea prin calcul a variaţiei acestor parametri.

P.B.

CZ 621.315.616.96 : 621.74

Baciurin, N. I. **Metode de executare a formelor pentru izolaţia turnată de înaltă tensiune.** In: Vestnik Elektroprom. **32**, nr. 12, 1961, p. 52—55, 8 fig.

Pentru izolaţia turnată şi în special cea epoxidică, în continuă extindere, formele necesare la turnare se realizează din materiale variate. Pentru piese cu contur simplu şi de dimensiuni reduse se folosesc forme metalice sudate. Piesele mai complicate şi cu gabarite mari necesită forme din alamă sau oţel, din table groase. S-au obţinut rezultate favorabile prin folosirea formelor din ghips, în special la răşini cu întărire la rece. O soluţie modernă este folosirea formelor din răşini epoxidice cu întărire la cald. Asamblarea formelor se face cu dispozitive metalice de strîngere. Cu o singură formă epoxidică se realizează 80—100 turnări. Costul formelor epoxidice este mai redus decît al celor metalice, mai ales datorită eliminării prelucrărilor mecanice. Dezavantajele formelor epoxidice sînt: rigiditate mecanică relativ redusă şi conductibilitate termică redusă, ceea ce contribuie la creşterea timpului de încălzire a formei. Pentru forme de dimensiuni mici se foloseşte „ftoroplast" care are marea calitate de a lucra la temperaturi mari, pînă la 160—180°C. Neajunsuri: cost ridicat şi materii prime deficitare.

A.B.

CZ 621.315.623.554

Dressel, H. **Izolatoare — suport în formă de piramidă.** In: Elektrie **14**, nr. 10, oct. 1962, p. 330—332, 6 fig.

Se ştie că suporţii ceramici masivi au o rezistenţă electrică mare, şi una mecanică mult mai mică. La suporţii perforaţi (scobiţi în sens axial) situaţia se prezintă invers, rezistenţa mecanică fiind mai mare în dauna celei electrice. Pentru a se combina avantajele ambelor tipuri s-a recurs la forma de piramidă (captă) construită din 3 izolatoare-suport masive, aşezate într-un unghi faţă de verticală şi fiind unite la vîrf. Întreprinderea VEB Hermsdorf a realizat astfel un model care întruneşte maximum de calităţi.

Se insită asupra experienţelor care au condus la acest tip optim. Principial, într-o astfel de construcţie izolatoarele trebuie să fie solicitate pe cît posibil la presiune, cît mai puţin la tensiune şi în nici un caz la încovoiere. Se demonstrează pentru diferitele direcţii ale solicitării orizontale (perpendiculare pe axul vertical) că aceste condiţii sînt îndeplinite la modelul de mai sus.

Este descrisă apoi construcţia unor astfel de piramide arătîndu-se că suporturi — în scopul alungirii lor — pot fi executate din 2 sau chiar 3 bucăţi legate între ele prin flanşe metalice şi ajungîndu-se astfel pînă la piramide de 3,8 m înălţime. Unghiul de 7° a celor 3 izolatoare (care compun piramida) faţă de axul vertical este ales în baza unei funcţii arătate în articol.

Piramidele pot fi utilizate și la construcția separatoarelor pentru tensiuni nominale de 400 kV și mai mult. În acest caz unul din cele 3 izolatoare ale piramidei este montat astfel încît se poate roti în jurul axei sale, rezistînd în același timp la cuplul cerut de funcționarea separatorului. S-au obținut la astfel de separatoare, tensiuni de conturnare de 840 kV, ceea ce întrece mult valorile prescrise de 680 kV.

G.C.

CZ. 621.315.623.71.015.52

Beliakov, N. N. și Rașkeș, V. S. **Despre noile caracteristici ale izolatoarelor pentru instalații exterioare.** In: Elektriceskie Stanții, **33,** nr. 1, ian. 1962, p. 58—60, 4 fig. 2 ref. bibl.

În articol se face o discuție a datelor publicate de Lisacovschi, G.I. în Elektriceskie Stanții nr. 11, 1959, p. 60, referitoare la caracteristicile izolatoarelor. Pentru fundamentarea discuției, autorii articolului au efectuat o serie de experiențe menite să determine dependența tensiunii de conturnare, funcție de rezistivitatea apei cu care se produce ploaia artificială, burnița sau ceața, precum și funcție de modul de aplicare a tensiunii parametrilor instalațiilor de încercare. În prima parte a articolului se prezintă instalația experimentală constînd din transformator de încercare, divizor de tensiune și șunturi pentru oscilografierea tensiunii aplicate și a curentului de scurgere, precum și modul de reproducere a condițiilor de burniță sau ceață.

Din datele experimentale obținute cu această instalație, se trage concluzia că pentru izolatoarele P — 4,5 curate, condiția cea mai severă de încercare este sub ploaie artificială și tensiunea respectivă trebuie considerată ca atare parametrul necesar analizării avariilor.

Pentru încercare este util să se folosească un transformator a cărui putere să fie suficientă pentru a împiedica scăderea și deformarea tensiunii la trecerea prin el a curentului de scurgere (0,2—0,3 A).

Totodată în articol se stabilește necesitatea efectuării cercetărilor pentru stabilirea comportării izolatoarelor în stațiile în care au loc depuneri în prezența umezirii.

P.B.

CZ 621.318.2 *Materiale magnetice*

CZ 621.318.22.017.3 : 621.313.042.1

Walker J. H. **Oțel pentru tolele mașinilor rotative.** In: Electr. Tms. **140,** 1961, nr. 18, 645—646, 3 fig.

Se utilizează tole de oțel laminat la rece, cu proprietăți magnetice nedirecționale pentru circuitul magnetic al mașinilor rotative. Pierderile electrice specifice ale tolei sînt similare cu cele ale tolei laminate la cald pentru transformatoare, dar această tolă are o suprafață netedă și variație mică a grosimii tolelor laminate la rece. Variația de grosime a oțelului laminat la rece este 0,025 mm și a oțelului laminat la cald 0,09 mm pentru grosimea nominală de 5 mm. La tabla de dinam laminată la rece, variația medie a grosimii a fost de 0,6 μ, pe cînd valoarea corespunzătoare pentru tabla laminată la cald a fost de peste cinci ori mai mare. Tabla de dinam laminată la rece se utilizează pentru mașini pînă la hidrogeneratoare. Într-o aceeași lungime de pachet pot fi stivuite cu circa 5% mai multe tole, ceea ce permite o creștere a puterii mașinii într-o aceeași carcasă.

A.S.

SCURTE ȘTIRI DIN STRĂINĂTATE

În laboratorul de fizică nucleară al Institutului Central de Cercetări Fizice de pe lîngă Academia de Științe din R. P. Ungară se efectuează cercetări de reacții nucleare provocate de către un generator în cascadă, cu o tensiune de 800 000 V.

(Din „Pravda" nr. 4/4 ianuarie 1962)

Rodajul unui nou tren electric a început la Uzinele constructoare de vagoane din Riga. Trenul este alimentat cu curent alternativ de 25 kV, 50 Hz și dezvoltă viteza de 130 km/h.

(Din „Pravda" nr. 4/4 ianuarie 1962)

Uzina Hidro-Electrică Ciriurtovskaia, cea mai mare din Caucazul de nord a intrat în exploatare. Ea furnizează energie ieftină economiei naționale din Daghestan și Cecено-Ingușetia.

(Din „Pravda" nr. 3/3 ianuarie 1962)

Feroviarii din Gorki, terminînd pe data de 12 ianuarie 1962 electrificarea liniei Gorki — Moscova, au deschis circulația regulată a trenurilor electrice de marfă pe această linie.

(Din „Pravda" nr. 14/14 ianuarie 1962)

Prima verigă a cascadei din Narînsk, Uzina hidroelectrică Uci-Kurganskaia, a început să debiteze curent industrial. S-a pus sub sarcină un generator de o putere de 45 MW. În prezent constructorii au început montarea hidroturbinei cu două palete. Uzina hidroelectrică Uci-Kurganskaia este conectată la sistemul energetic din regiunea Fergan.

(Din „Izvestia" Nr. 3/4 ianuarie 1962)

Ultimele locomotive cu abur au părăsit liniile de cale ferată din Krivorojie. La 26 decembrie 1961, au început să circule trenurile electrice între stația Piatihatka și stația de încărcare a minereurilor Mudrionaia. Actualmente sînt electrificate toate liniile ale acestui bazin de minereuri de fier.

(Din „Pravda" nr. 362/27 dec. 1962)

În munții Teani-Sani de nord, la înălțimea de 3 470 m, s-a construit o stație de cercetări a Institutului de Fizică „P. N. Lebedev" al Academiei de Științe din U.R.S.S. În laboratorul razelor cosmice se studiază proprietățile particulelor elementare de mare energie și interacțiunea lor asupra materiei. Utilajul laboratorului cuprinde un electromagnet de 180 t, cu o cameră Wilson. Sub magnet se află o sală de 8 m înălțime unde se montează un calorimetru de ionizare.

(Din „Pravda" nr. 25/25.01.1962)

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R. P. R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂTEANU, ing. ȘT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULET, membru corespondent al Academiei R.P.R,, Laureat al Premiului de Stat.

Revista „Electrotehnica", organ al Ministerului Metalurgiei și Construcțiilor de Mașini și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. — Redacția și administrația, București, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.M.C.M. Abonamentele se primesc la Administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice MMCM — cont 070149 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, București. Tarif pentru întreprinderi: 100 lei anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Intreprinderea Poligrafică nr. 2, str. Brezoianu nr. 23—25, București, c. 3831

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

SOMMAIRE

CD 621.313.322.012.2

Vasilescu, A. : **Contribution à l'étude des machines synchrones.**

Electrotehnica, *10* (1962) No. 10, p. 365–371

Pour obtenir la solution complète de l'équation fondamentale (en considérant la résistance de l'induit), on peut utiliser la méthode symbolique et les déterminants. Par l'expression vectorielle de la solution on construit le diagramme de fonctionnement de la machine, une liaison étant établie avec la méthode suédoise.

CD 621.313.045.1 : 621.315.614/616.

Lefter V. : **Quelques problèmes concernant le calcul et la construction des machines électriques de basse tension dont la classe d'isolation est supérieure à la classe A.**

Electrotehnica *10* (1962) No. 10, p. 371–375

Les constructures de machines électriques peuvent obtenir, en utilisant des matériaux isolants à classe d'isolation supérieure à la classe *A*, d'importantes réductions dunoyau magnétique, par l'accroissement de la charge des éléments actifs — fer, cuivre — et la réduction correspondante des dimensions de montage.

L'auteur indique la manière de choisir les conducteurs de l'enroulement et la valeur de l'induction dans l'entrefer. Enfin il mentionne quelques mesures constructives determinees par les nouvelles températures de régime des machines bäties avec des matériaux isolants de classe supérieure à la classe A.

CD 621.316.57.067.067.5

Mathé, B., Ogrezeanu, St. et *Pănoiu A.* : **La détermination tes caractéristiques mécaniques des interrupteurs à haute tension, par des moyens électriques.**

Electrotehnica, *10* (1962) No. 10, p. 375–383

On expose les résultats des recherches expérimentales et théoriques sur les méthodes de mesures par des moyens électriques, des différentes valeurs mécaniques caractéristiques des interrupteurs à haute tension. Les méthodes et les schémas indiqués peuvent être utilisés non seulement en usine, mais aussi par les entreprises de montage et d'exploitation, par les instituts de recherches techniques ainsi que par les laboratoires des fabriques construisant des machines.

CD 621.319.4.018.144

Bercu A. : **Une série unitaire de condensateurs de basse et moyenne tension.**

Electrotehnica, 10 (1962) No. 10, p. 383–390

L'auteur présente une nouvelle série de condensateurs dont les caractéristiques techniques et économiques atteignent le niveau de la technique mondiale.

Il indique les procédés appliqués afin d'obtenir ces caractéristiques en parcourant en même temps l'évolution de la construction des condensateurs en Roumanie.

POUR LE JEUNE INGENIEUR

CD 621.315.512 : 621.315.612.7.

Dragomir D. : **Conducteurs émaillés soudables.**

Electrotehnica *10* (1962) No. 10, p. 390–393

L'auteur, prenant comme point de départ sa propre expérience ainsi que la littérature technique, présente la fabrication des laques électro-isolantes à base de polyuréthane. Il discute les procédés classiques de fabrication ainsi que es détails technologiques de l'émaillage des conducteurs de cuivre à l'aide de ces produits.

COMPTES-RENDUS, 394–397

ABSTRACTS, 397–400

CONTENTS

DC 621.313.322.012.2

Vasilescu, A.: **Contribution to the Study of Synchronous Machines.**

Electrotehnica, *10* (1962) No. 10, p. 365–371

A complete solution (considering also the armature resistance) for the fundamental equation may be obtained by using the symbolic method and the determinants. From the vectorial expression of the solution proceeds the machines operation diagram, the connection being established with the swedish method.

DC 621.314.2.017.72 :621.315.614/616

Lefter V.: **Some Problems concerning the Calculation and the Construction of Low Voltage Electric Machines Insulated with Insulating Materials Superior to Class A.**

Electrotehnica *10* (1962) No. 10, p. 371–375

Where insulating materials superior to class A are used, electric machine builders may obtain big reductions of the magnetic core by increasing the stress in the active elements — iron and copper — and, accordingly, of the setting up dimensions.

The author shows the way of choosing current density in winding conductors and the value of the induction in the air gap and concludes by mentioning some constructive methodes determined by the new working temperature of the machines insulated with insulating materials superior to class A.

DC 621.316.57.06.75

Mathé, B., Ogrezeanu, St. and Pănoiu, A.: **Electrical Plotting of High Voltage Breakers Mechanical Characteristics.**

Electrotehnica, *10* (1962) No. 10, p. 375–383

Results of experimental and theoretical investigations concerning the measuring methods of various characteristical mechanical values of high voltage breakers are summed up in this article. The proposed methods and schemes may be used by manufacturing works as well as by operating and assembling enterprises, research institutes and laboratories of machine building works.

DC 621.319.4.018.144

Bercu A.: **Series of Low and Medium Voltage Capacitors.**

Electrotehnica, *10* (1962) No. 10, p. 383–390

A new series of capacitors offering technical and economical characteristics which meet the latest requirements of the world technique is presented in this article.

The author mentions the manufacturing process leading to these characteristics as well as the development of capacitor fabrication in Roumania.

THE YOUNG ENGINEER'S GUIDE

DC 621.315.512 : 621315612.7

Dragomir D.: **Welsable Enamelled Conductors.**

Electrotehnica *10* (1962) No. 10, p. 390–393

Founded on personal experience and on technical press data, the author describes the manufacturing process of polyurethane electroinsulating enamels. He mentions first the classical method and continues by the technological methods of copper conductors enamelling.

REVIEWS, 394–397

REPORTS, 397–400

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.3. ELECTROTEHNICA GENERALĂ

CZ 621.3 : 373.031/632.006.2

Herhahn, A.

Posibilităţi de instruire pentru formarea complementară a inginerilor.

In : Elektrotechn. Z.—B. (E.T.Z.) **14** nr. 6, 19 mart. 1962, p. 157—160, 7 fig.

CZ 621.3.016.2.012

Mahr, O. Hutschenreuter, G.

Reprezentarea sistemelor de putere monofazate sau polifazate prin mijlocul diagramelor aparatelor indicatoare.

In : Elektrotechn. Z. (E.T.Z. — A.) **13**, nr. 8, 9 apr. 1962, p. 253—263, 15 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.3.064.1 : 621.316.542.064.45

Jussilo, Y., Rieder, W.

Aplicaţia încercărilor prin elemente separate şi întrebuinţarea liniilor artificiale pentru încercarea disjunctoarelor de putere la defectele kilometrice

In : Bull. A.S.E. **53**, nr. 9, 5 mai 1962, p. 451—459, 9 fig. 9 ref. bibl.

CZ 621.311.4 SUBSTAŢII

CZ 621.311.4.742 : 621.316.57.027.3

Dietlin, J.

Probleme de montaj şi experienţe cu disjunctorii în posturile exterioare.

Bull. A.S.E. **53**, nr. 8, 21 apr. 1962, p. 405—409, 4 fig.

CZ 621.311.176

Kühnel, S.

Camere de comandă modernă.

In : Elektr. — Verwert. **36**, nr. 5, 1962, p. 145—154, 11 fig., 2 ref. bibl.

CZ 621.313.3 MAŞINI DE CURENT ALTERNATIV

CZ 621.313.3.045.53 : 538.653.11

Freise, W. şi *Jordan, H.*

Eforturile exercitate de tracţiunea magnetică, urmînd un singur sens, în maşinile trifazate.

In : Elektrotechn. Z. (E.T.Z. — A.) **83**, nr. 9, 23 april 1962, p. 299—303, 9 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.313.333

Tedeschi, F.

Motorul asincron fără crestături.

In : Eletrotecnica, **48**, nr. 9, sept. 1961, p. 635—640, 11 fig., 1 ref. bibl.

CZ 621.314.2. TRANSFORMAREA CURENTULUI ALTERNATIV. TRANSFORMATORI DE CURENT

CZ 621.314.21.042 : 669.14.018.583

Ianus, I. R. şi *Udavin, A. I.*

Metodica şi aparatajul controlului nedistructiv al tablei electrotehnice.

In : Izmer. tehnika, nr. 12, dec. 1961, p. 37—40, 3 fig., 9 ref. bibl.

CZ 621. 314.224.8.088

Batravin, I. E.

Metodă de calcul tehnic al erorilor unui transformator de curent necompensat.

In : Izv. vîsş. ucebn. Zavedenii Energhetika, **4**, nr. 10, oct. 1961, p. 38—42, 6 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.

CZ 621.314.26

Baum, V. G.

Sch me pentru convertizoare de frecvență fără contacte.

In : Prom. energetika, **16**, nr. 9, sept. 1961, p. 17—19, 3 fig.

CZ 621.314.6.012

Schulze — Buxhoh, Walter.

Relațiile curent-tensiune într-un redresor cu montaje în punte, între mersul în vid și scurtcircuit.

In : Elektrotechn. Z. (E.T.Z. — A.) **83**, nr. 8, 9 apr. 1962, p. 263—269, 12 fig., 3 tab.

CZ 621.314.63 : 621.382

Flückiger, H.

Considerații comparative privind diferite celule redresoare cu semiconductori.

In : Bull. A.S.E., **42**, nr. 21, 21 oct. 1961, p. 845—850, 19 fig., 3 tab.

CZ 621.316.5 **ÎNTRERUPTOARE SEPARATOARE.**

CZ 621.316.5.064.3

Howatson, A. M.

Efectul sincronizării contactelor asupra întreruperii în curent alternativ.

In : Electr. Engng, **80**, nr. 4, apr. 1961, p. 261—264, 6 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.316.542.001.4 : 621.313.13

Mau, H.J.

Observații critice privind încercarea capacității de conectare a întreruptoarelor și a contactoarelor de motoare.

In : Elektrie, **14**, nr. 9, sept. 1961, p. 288—295, 11 fig., 3 tab., 6 ref. bibl.

CZ 621.316.575

Erk, Adil.

Disjunctori ultrarapizi limitatori de curent pentru instalațiile de curent tare.

In : Elektrotechn. Z. (E.T.Z.) **14**, nr. 7, 2 april. 1962, p. 169—174, 6 fig., 17 ref. bibl.

CZ 621.316.933 : 621.316.13.027.2.048

Wüger, H.

Introducere în regulele și recomandările pentru dimensionarea și coordonarea izolației instalațiilor de curent alternativ de joasă tensiune.

In : Bull. A.S.E., **53**, nr. 9, 5 mai 1962, p. 441—444.

CZ 621.316.933.1

Lesny, V. ș.a.

Cercetare asupra caracteristicilor de șoc ale intervalelor disruptive pentru descărcătoare.

In : Elektrotechn. Cas., **12**, nr. 8, aug. 1961, p. 497—510, 12 fig., 4 ref. bibl.

CZ 621.317.33 **MĂSURA REZISTENȚEI, CONDUCTIBILITĂȚII, INDUCTANȚEI.**

CZ 621.317.33 : 621.317.39 : 543.257.1

Suss, Reinhard.

Aparate de măsură pentru măsurarea conductibilității și a pH-ului.

In : Elektrotechn (E.T.Z. — B) **14**, nr. 5, martie 1962, p. 129—133, 11 fig., 25 ref. bibl.

CZ 621.317.333 : 621.313.13 : 621.314.21

Riklin, F. G.

Încercarea izolației transformatoarelor și motoarelor electrice cu i.t. redresată.

In : Elektr. Stanții **32**, nr. 10, oct. 1961, p. 48—50, 2 tab.

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase. de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultate obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările materiale vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia. editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, anul, numărul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vitoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

In scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumare pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei revistei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori. cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimentele politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articolele tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu sublinierea importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri de articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura regăsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba română şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

În acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşoare a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de originalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv şi care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Normele şi standardele constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificaţie zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

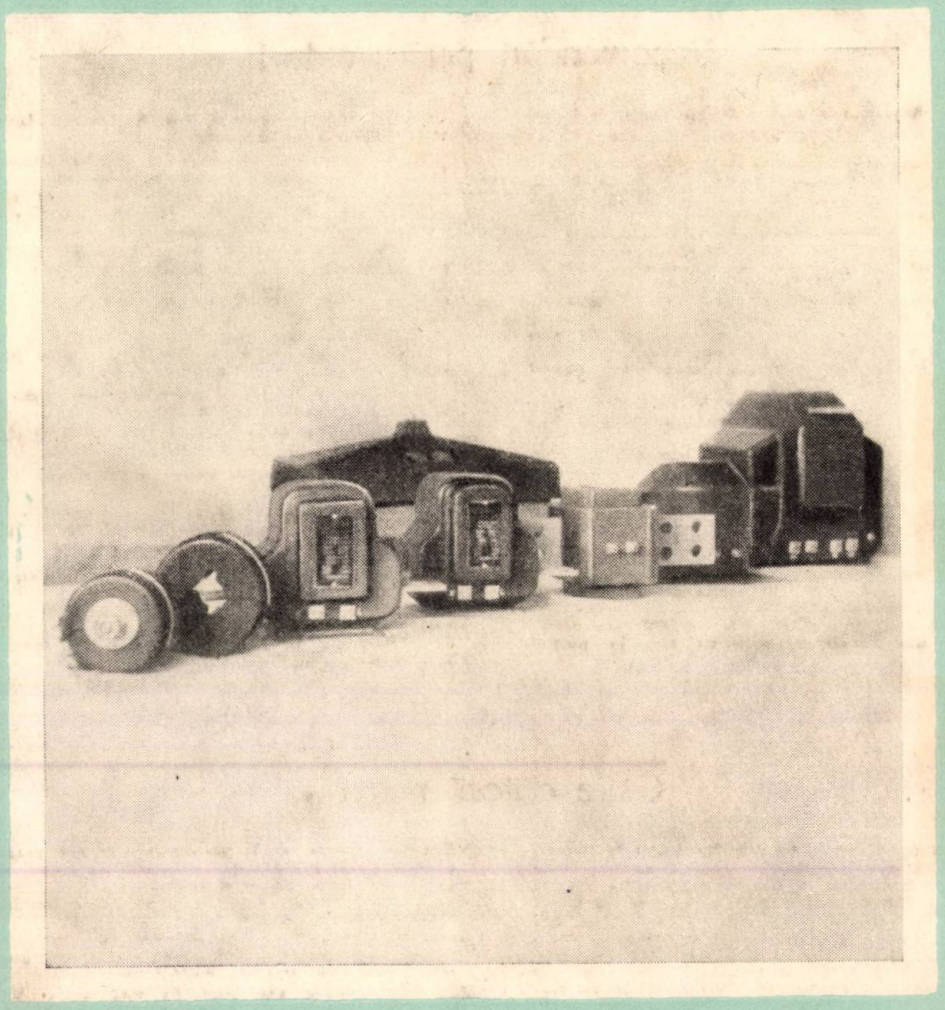
3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.



E 2040
REFERATIVA

ELECTROTEHNICA

11

Electrotehnica — Bucureşti ★ Anul 10 ★ nr. 11 ★ p. 401 — 436 ★ noiembrie 1962

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. In introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase, de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultate obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările materiale vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, anul, numărul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. In notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vitoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

In scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumare pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei revistei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde şi cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori, cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimentele politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articolele tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu sublinierea importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri de articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura regăsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba română şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

In acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşoare a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de originalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv şi care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Normele şi standardele constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificaţie zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

3. Inseratele sînt :

3.1. Anunţuri de evenimente şi apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fi acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.

ELECTROTEHNICA

Anul 10 nr. 11 noiembrie 1962

CUPRINS

CZ 621.311 + 621.312 (47)

Avramescu, A. şi *Tănăsescu, F.*: **Progresele realizate şi perspectivele dezvoltării industriei electroenergetice şi electrotehnice în U.R.S.S.**

Electrotehnica, 10 (1962) nr. 11, p. 401–408

CZ 621.313.017.001.5

Şora, C.: **Determinarea pierderilor în maşini electrice prin efectuarea încercării de lansare.**

Electrotehnica, 10 (1962) nr. 11, p. 408–410

Relaţiile de calcul indicate în literatură pentru calculul pierderilor mecanice, în fier şi ventilaţie în maşini fiind aproximative, în ceea ce priveşte dezvoltarea fenomenului fizic, se impune aplicarea metodelor experimentale pentru determinarea acestor pierderi. În lucrare se analizează metoda încetinirii, indicîndu-se o schemă şi metoda de etalonare a oscilogramei obţinute. Sînt date rezultatele experimentale obţinute.

CZ 621.318.22.017.3.002.2

Fugaru, C. şi *Nistor, Gh.*: **Tratamentul termic al tolei silicioase laminată la rece cu pierderi reduse folosită în industria electrotehnică.**

Electrotehnica, 10 (1962) nr. 11, p. 411–419

Se descrie un cuptor tip clopot pentru tratamentul tolei laminate la rece în atmosferă reducătoare pe azot şi hidrogen şi instalaţiile anexe ale cuptorului. Se stabileşte durata ciclului de tratare şi compoziţia amestecului de gaz. Se dau rezultatele obţinute înainte şi după tratare în aparat Epstein şi în transformator.

CZ 621.315.61.004.64

Popescu, Ch., Raicu, V. şi *Lefter, C.*: **Legi de durată de viaţă a materialelor electroizolante.**

Electrotehnica, 10 (1962) nr. 11, p. 419–425

În legătură cu problema duratei de viaţă a maşinilor electrice se arată legătura între durata de viaţă a materialelor electroizolante — de care depinde durata de viaţă a maşinilor — şi temperatură, factor hotărîtor de îmbătrînire a izolaţiei. Se prezintă de asemenea considerentele care au condus la elaborarea acestor legi, prima determinată pe baze empirice, iar a doua folosind cele cunoscute din cinetica reacţiilor chimice monomoleculare.

CZ 621.317.382.016.313 : 538.632

Fränkel, D. şi *De Sabata, I.*: **Măsurarea puterii fluctuante şi a puterii de nesimetrie cu generatoare Hall.**

Electrotehnica, 10 (1962) nr. 11, p. 425–427

În articol se arată că suma componentelor alternative a tensiunilor Hall are amplitudinea proporţională cu amplitudinea puterii fluctuante, în scheme de măsurare a puterii active şi cu puterea de nesimetrie în schemele de măsurare a puterii reactive. Aceste mărimi, pînă în prezent n-au fost măsurate în sisteme trifazate cu tensiuni de linie nesimetrice.

RECENZII, 428—431

REFERATE, 432—435

CRONICA, 435—436

Fotografia de pe coperta I-a reprezintă laboratorul de înaltă tensiune a uzinelor Electroputere-Craiova iar fotografia de pe coperta a IV-a transformatorul de curent de 10 kV, 400 A: *a* – tip nou CIRS-6 și *b* – tip vechi TITP – 10.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311 + 621.312 (47)

Avramescu, A. и *Tănăsescu, F.*: **Достижения и перспективы развития электроэнергетической и электротехнической промышленности в СССР.**

Electrotehnica, 10 (1962) № 11, стр. 401–408

ДК 621.313.017.001.5

Şora, C.: **Определение потерь в электрических машинах путем проведения опыта выбега.**

Electrotehnica, 10 (1962) № 10, стр. 408–410

Ввиду неточности указанных в литературе формул для расчета механических и вентиляционных потерь, а также потерь в стали электрических машин, выяснение физических явлений требует применения опытных методов для определения этих потерь. В работе рассматривается метод самоторможения, причем указывается на соответствующую схему и на метод эталонирования получаемой осцилограммы. Даются полученные опытные результаты.

ДК 621.318.22.017.3.002.2

Fugaru, C. и *Nistor, Gh.*: **Термическая обработка холоднокатаной кремнистой электротехнической листовой стали с пониженными удельными потерями.**

Electrotehnica, 10 (1962) № 10, стр. 411–419

Описывается колпаковая печь для обработки холоднокатаной листовой стали в атмосфере редуцирующей азот и водород, а также побочные установки печи. Устанавливается продолжительность цикла обработки и состав газовой смеси. Даются результаты, полученные аппаратом Эпштейна и на трансформаторе до и после обработки.

ДК 621.315.61.004.64

Popescu, Ch., Raicu, V. и *Lefter, C.*: **Законы срока службы электроизолирующих материалов.**

Electrotehnica, 10 (1962) № 11, стр. 419–425

В связи с вопросом о сроке службы электрических машин показывается соотношение между сроком службы электроизолирующих материалов — от которого зависит срок службы машин — и температурой, являющейся решительным фактором устарения изоляции. Излагаются также соображения, которые привели к разработке этих законов, из которых первый определен на эмпирической основе, а второй — на основе данных из кинетики химических, одномолекулярных реакций.

ДК 621.317.382.016.313 : 538.632

Fränkel, D. и *De Sabata, I.*: **Измерение колеблющейся мощности и мощности несимметрии генераторами Холла.**

Electrotehnica, 10 (1962) № 11, стр. 425–427

В статье показывается, что амплитуда суммы переменных составляющих напряжений Холла пропорциональна амплитуде колеблющейся мощности, в схемах измерения активной мощности пропорциональна мощности несимметрии в схемах измерения реактивной мощности. До настоящего времени эти величины не измерялись в трехфазных системах с несимметричными линейными напряжениями.

РЕЦЕНЗИИ, 428–431

РЕФЕРАТЫ, 432–435

ХРОНИКА, 435–436

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311 + 621.312 (47)

Avramescu, A. und *Tănăsescu, F.*: **Fortschritte und Entwicklungsaussichten der Energiewirtschaft und der elektrotechnischen Industrie der UdSSR.**

Electrotehnica, 10 (1962) H. 11, S. 425–427

DK 621.313.017.001.5

Sora, C.: **Berechnung der in elektrischen Maschinen entstehenden Verluste mittels Anlaufversuchen.**

Electrotehnica, 10 (1962) H. 11, S. 401–408

Die im Fachschrifttum für Berechnung der in elektrischen Maschinen entstehenden Verluste mechanischen und elektrischen Ursprungs sowie imfolge Ventilation enthaltenen Formeln sind im Bezug auf die Abwicklung der physikalischen Vergänge überschläglich und deswegen ist die Anwendung experimentaller Versuche unumgänglich. Im Aufsatz wird das Bremsverfahren untersucht, wobei Schema und Verfahren für Eichung von Oszillogrammen angegeben werden. Ergebnisse von Versuchen werden angeführt.

DK 621.318.22.017.3.002.2

Fugaru, C. und Nistor Gh.,: **Thermische Behandlung in der elektrotechnischen Industrie verwendeter kaltgewalzter Siliziumbleche mit geringen Verlusten.**

Electrotehnica 10 (1962) H. 11, S. 408–410

Es wird ein glockenförmiger Ofen für Behandlung Kaltgewalzter Bleche im reduzierender Stickstoff-und Wasserstoffatmosphäre mit seinen Nebeneinrichtungen beschrieben. Dauer des Behandlungs zyklus sowie Zusammensetzung des Gasgemisches werden angegeben. Die vor und nach Behandlung im Epsteingerät und in Transformatoren erzielten Ergebnisse werden erörtert.

DK 621.315.61.004.64

Popescu, Ch., Raicu, V. und *Lefter, C.*: **Gesetze der Dienstdauer elektrischer Isolierstoffe.**

Electrotehnica, 10 (1962) H. 11, S. 411–419

Die Dienstdauer elektrischer Isolierstoffe, welche die Lebensdauer der Maschinen bestimmt, ist eng an die Temperatur, als entscheidender Faktor der Alterung der Isolierung, gebunden. Es werden die zur Ausarbeitung jener Gesetzte führenden Wege und zwar die empirischen Versuche und die Kynetik der monomollekularen chemischen Reaktion erwähnt.

DK 621.317.382.016.313 : 538.632

Fränkel, D. und *De Sabata, I.*: **Messen „schwankender" Leistungen und unsymmetrischer Leistungen mittels Hall-Generatoren**

Electrotenica, 10 (1962) H. 11, S. 419–425

Die Summe alternativer Komponenten von Hall-Spannungen hat in den Messchaltbildern der Wirkleistung eine der „schwankenden" Leistung, in den Messchaltbildern der Blindleistung eine der unsymmetrischen Leistung direkt proportionale Amplitüde. Diese Werte wurden bisher nicht in dreiphasigen Netzen mit nichtsymmetrischen Spannungen gemessen.

BUCHBESPRECHUNGEN, 428–431
BERICHTE, 432–435
CHRONIK, 435–436

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI ŞI AL CONSILIULUI NATIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Anul 10 nr. 11, Bucureşti, noiembrie 1962

Progresele realizate şi perspectivele dezvoltării industriei electroenergetice şi electrotehnice în U.R.S.S.

Aurel Avramescu şi **Florin Tănăsescu** — Bucureşti *

CZ 621.311 : 621.312(47)

Lucrările Congresului al XXII-lea al P.C.U.S. au o importanţă covîrşitoare nu numai pentru poporul sovietic, dar şi pentru toate ţările lagărului socialist, pentru oamenii muncii din întreaga lume.

Programul, care prevede pînă în 1980 crearea bazei tehnico-materiale a comunismului prin dezvoltarea nemaiîntîlnită a forţelor de producţie, ridicarea productivităţii muncii, dezvoltarea în ritm mai rapid a producţiei de bunuri materiale pentru satisfacerea nevoilor crescînde ale oamenilor muncii, asigură transformarea relaţiilor de producţie socialiste în relaţii de producţie comuniste.

În raportul privitor la program, prezentat la congres de tovarăşul N.S. Hruşciov, s-au comunicat date remarcabile cu privire la desfăşurarea planului de 7 ani şi la prevederile programului în vederea creării bazei tehnico-materiale a comunismului, date de mare interes pentru electrotehnicienii noştri, în legătură cu sarcinile ce au de rezolvat în etapa actuală a construirii socialismului în ţara noastră.

În programul P.C.U.S., în planul de electrificare al U.R.S.S. se arată că electrificarea, care este pivotul construcţiei economiei societăţii comuniste, joacă un rol de conducere în dezvoltarea tuturor ramurilor economiei naţionale, în asigurarea întregului progres tehnic modern. Se prevede : sporirea în primii zece ani a echipamentului în industrie cu aproape de trei ori, dezvoltarea largă, pe baza energiei electrice ieftine, a producţiilor cu un consum mare de energie electrică, realizarea unei electrificări masive a transporturilor, a agriculturii, a gospodăriilor populaţiei urbane şi rurale.

Producţia anuală a energiei electrice trebuie să ajungă pînă la sfîrşitul decadei aproximativ la 900—1000 miliarde kilowatore. Pentru aceasta va trebui ca în cursul celor douăzeci de ani să fie mărită, în mod corespunzător, puterea centralelor electrice, să se construiască sute de mii de kilometri de reţele de înaltă tensiune principale şi de distribuţie în toate regiunile ţării. Se va crea un sistem energetic unic în U.R.S.S., care va avea suficiente rezerve de putere, spre a permite să se transporte energia electrică din regiunile estice în partea europeană a ţării şi care va fi legat cu sistemele energetice ale altor ţări socialiste.

Iată direcţiile mari ale dezvoltării viitoare în cursul electrificării întregii ţări, prevăzute de Lenin şi în curs de realizare în perioada de construcţie desfăşurată a comunismului.

Etapele succesive ale electrificării U.R.S.S. au fost comentate în repetate rînduri în coloanele revistei noastre [2,3]. În cele ce urmează se arată realizările recente din cadrul planului de şapte ani şi uriaşele construcţii prevăzute pentru aducerea la îndeplinire a prevederilor programului P.C.U.S. pe o perioadă de 20 ani.

Progresele electrificării ţării

În cei şase ani începînd din 1955 pînă în 1961 producţia industriei sovietice a crescut global cu 80%, producţia de energie electrică a crescut de la 170 la 327 TWh, cu 157 TWh (192%), deci cu producţia a 50 supercentrale de mărimea CHE V. I. Lenin de pe Volga. În acelaşi timp producţia industriei constructoare de maşini şi producătoare de metale a crescut cu 224% şi acest procent mediu este în mod firesc depăşit de către industria electrotehnică, al cărei ritm de creştere este mai rapid,

* Dr. ing. *A. Avramescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R. este şef de laborator la ICET, iar ing. *F. Tănăsescu*, cercetător la acelaşi institut.

avînd în vedere sarcinile importante ce decurg din programul de electrificare și de introducere a tehnicii moderne, a automatizărilor complexe etc. S-au proiectat și construit turbine termice și hidraulice cu puteri de 200—225 MW, linii de energie, aparataj și echipament pentru stații la tensiunea de 500 kV, cea mai înaltă tensiune atinsă în exploatare în lume.

În cinstea Congresului al XXII-lea al P.C.U.S. a intrat în funcțiune primul agregat de 225 MW al UHE de la Bratsk, care a fost urmat în noiembrie 1961 de al doilea agregat de aceeași putere. De asemenea în cinstea Congresului a fost pusă în funcțiune CHE de la Kremenciug pe Nipru, a treia treaptă pe acest fluviu, care asigură o creștere a producției de energie a UHE Dnieproghes cu 20%. Puterea instalată în centrale a atins în 1960 cifra de 66 700 MW.

Pentru realizarea marilor obiective industriale al căror volum va crește de 6 ori în următorii 20 ani, producerea energiei electrice trebuie să crească de cca. 10 ori și într-un ritm rapid, care să permită alimentarea cu energie atît a acestor centre cît și a necesităților agriculturii [4, 5, 6]. Este de menționat că ritmul de creștere mediu a producției de energie electrică în U.R.S.S., 10,5—12,5% anual, depășește pe cel al Statelor Unite, care în perioada 1954—1960 n-a fost decît de 7,3% [7]. Probleme importante se pun în legătură cu această producere de energie, legate de crearea unor centrale electrice noi, realizarea unor linii de foarte înaltă tensiune și fabricarea unei aparaturi de comutație cu performanțe ridicate. La baza acestor construcții stă principiul „eficacității investițiilor", alegerea profilului cel mai rentabil pentru lucrările capitale, asigurarea sporirii maxime a producției pentru fiecare rublă cheltuită în investiții și reducerea termenului de amortizare a acestora. Programul P.C.U.S. prevede ca în anul 1970 producția de energie electrică să crească pînă la 900—1000 miliarde kWh, iar în 1980 să ajungă la 2700—3000 miliarde kWh, astfel ca electrificarea întregii țări să fie realizată încă în cea de a doua decadă. În timp de 20 ani, se vor construi 180 hidrocentrale puternice, cca. 200 centrale termice raionale cu puteri pînă la 3000 MVA fiecare. Transportul acestor puteri implică construirea a sute de mii de km de linii de înaltă tensiune în toate direcțiile țării.

Cea mai mare parte a energiei este produsă de centrale hidro și termice, un accent deosebit punîndu-se în ultimul timp pe dezvoltarea centralelor termice.

Una din direcțiile principale în dezvoltarea energeticii o constituie termoficarea, aplicarea producerii combinate a căldurii și energiei în centralele electrice. Aceasta are o mare eficiență economică întrucît puterea instalată a turbinelor de termoficare reprezintă 34% din puterea totală a uzinelor termice. Ca exemplu, numai în anul 1960 s-au economisit 17 milioane tone combustibil convențional.

În ceea ce privește planurile de perspectivă, pentru acoperirea necesarului de combustibil și energie electrică trebuie căutate surse noi de energie. Astfel în programul P.C.U.S. se prevede: „pe măsura ieftinirii producerii de energie atomică, desfășurarea construcției uzinelor atomoelectrice, mai ales în raioanele lipsite de alte surse de energie". Se poate presupune că în următorii ani se vor construi mai multe uzine atomoelectrice de tipuri variate, funcționînd pe bază de apă grea [4].

Hidrocentralele

În ultimii ani în U.R.S.S. se constată că greutatea specifică la producerea de energie electrică de către hidrocentrale a scăzut, în timp ce puterea acestora crește; astfel producția de energie electrică dată de hidrocentrale a scăzut de la 18 la 17,4% iar puterea a crescut de la 21,4 la 22,2%. La determinarea puterii hidrocentralei se pornește de la considerente tehnico-economice care privesc resursele hidroenergetice și amplasarea lor teritorială. Perspectivele de utilizare a resurselor hidraulice în U.R.S.S. (cca. 2978 miliarde kWh) sînt mari; în mod practic, în viitor, din acestea se pot utiliza 500 miliarde kWh care vor da o greutate specifică a energiei hidraulice de 18,5—16,7%. În curs de 20 ani, vor fi construite 180 hidrocentrale puternice [6] ca cele de la Bratsk, Krasnoiarsk, Bogucianski, cele de pe Ienisei, Tungusca superioară și Obi, în Siberia, Saratov etc., înzestrate cu agregate moderne, cu automatizarea completă a principalelor operații tehnologice. De exemplu, turbina pentru hidrocentrala de la Krasnoiarsk este de 500 MW, pentru o cădere calculată de 95 m și prevăzută cu dispozitive de automatizări complexe.

Termocentralele

Cea mai importantă parte din cantitatea de energie electrică dată de sisteme este produsă în uzinele termoelectrice. Direcția principală pe care se dezvoltă acestea este de a mări puterea pe unitatea de generator. Deja la unele termocentrale funcționează agregate cazane-turbină-generator-transformator de 200 MW urmînd ca în anii ce urmează să se elaboreze unități și mai puternice de 500, 800 MW. Centrale mari termice se vor construi în raioanele din partea centrală a U.R.S.S., în sud și la N.E. de Moscova, în raionul Saratov, Volgograd, Gorki, Kuibîșev, în Ucraina, Donbas, plasarea lor în aceste zone datorindu-se existenței fie a zăcămintelor de cărbuni, fie de gaze naturale. Importante economii se obțin prin mărirea puterii centralei electrice și a agregatelor cu care este utilată [8, 9], ceea ce micșorează costul de construcție al unui kW instalat ca și al consumului de căldură, care devine mai mic cu 15—25% [6].

Folosirea agregatelor cazan-turbină de putere de 150 MW pentru parametrii aburului 130 at

și 655/565°C, față de agregatele de 100 MW cu parametrii aburului 90 at și 535°C, aduce economii de investiții de 10 ruble /kW iar la combustibil de 55 g/kWh. Economii de investiții și mai mari apar la folosirea agregatelor de 300 MW la care acești coeficienți sînt 39 ruble/kW și 89 g/kWh. Funcționarea turbinelor la parametri ai aburului așa de înalți impune folosirea unor oțeluri speciale perlitice și încercarea severă a materialului ce intră în construcția cazanului și țevilor, verificarea sudurii etc. [4, 11].

Mărirea puterii instalate a termocentralei prin folosirea unor grupuri cu caracteristici superioare este studiată însă cu multă grijă, întrucît nu în toate cazurile este economic să mărești puterea centralei pînă la valoarea posibilă din punct de vedere tehnic (condiții de alimentare cu apă, combustibil). Creșterea puterii centralei nu este privită ca un scop în sine, ci studiată în interdependență cu costul rețelelor electrice [12], sau cu posibilitatea de a construi o centrală de putere mai mică, în special unde consumatorii sînt grupați, de exemplu orașe. Această soluție, folosită și în rețelele din S.U.A., Anglia, Franța, permite amînarea pe un timp oarecare de a construi linii suplimentare, reduce pierderile de tensiune în rețele, micșorează rezerva rețelelor electrice pentru că înseși ele reprezintă rezerva în caz de avarie în rețea [5].

Liniile de transport

În paralel cu creșterea puterii centralelor electrice se constată și o creștere a lungimii liniilor electrice de înaltă tensiune. Între anii 1951—1960 lungimea liniilor de înaltă tensiune s-a mărit de 4,35 ori, în anul 1960 în U.R.S.S. fiind cca. 149 580 km linii după cum rezultă din tabela 1.

Tabela 1

Liniile de înaltă tensiune existente în U.R.S.S. în anul 1960

Tensiunea liniilor, kV	Lungimea liniei, km	Procentul din lungimea totală, %
400—500	4 700	2,9
330	1 075	0,7
220	17 410	11,6
154	3 950	2,7
110	59 800	40
35	62 645	42,1

În anii 1959—1965 lungimea liniilor de înaltă tensiune de 35—500 kV va crește de 2,5—3 ori [9]. Dacă în anul 1959 s-au dat în exploatare 21 000 km linii, în perioada 1959—1965, numărul de km de linii construite anual nu va fi mai mic de 30 000 km. Lungimea liniilor de înaltă tensiune de 35—500 kV ce se vor construi în această perioadă se va mări de 2,5—3 ori, cca. 212 000 km linii pentru tensiunile indicate în tabela 2.

Tabela 2

Linii ce se vor construi în anii 1959—1965

Tensiunea liniilor, kV	Lungimea liniei, km	Procentul din lungimea totală, %
800 (cc)	500	0,2
500	11 200	5,3
330	7 500	3,5
220	32 000	15,1
110—154	80 800	38
35	80 000	37,9

Din tabelele 1 și 2 se vede că dezvoltarea liniilor de foarte înaltă tensiune crește cu 100% în anii ce urmează.

Considerente tehnico-economice impun ca transmiterea energiei la distanță să se facă la tensiuni cît mai înalte [13], puterea ce urmează a fi transmisă fiind proporțională cu pătratul tensiunii, iar investițiile pentru construcția liniilor crescînd aproximativ proporțional cu tensiunea. Pentru acest motiv investițiile pentru 1 kW putere transmisă la creșterea tensiunii se micșorează proporțional cu tensiunea. Cîteva date statistice arată rezultatele obținute în transportul de energie. Astfel, costul transmisiei unui kWh la 500 kW este de 2 ori mai mic decît la 220 kV, și cu 30—40% mai mic decît la 330 sau 400 kV [14]. Posibilitățile tehnice ale liniilor de 500 kV (putere naturală, distanță maximă) depășesc posibilitățile liniilor de 330 kV de 2—2,5 ori iar ale celor de 400 kV de 1,5 ori. În tabela 3 sînt date puterile ce pot fi transmise de linii simple.

Tabela 3

Puterile transmise pe linii simple

Tensiunea liniei, kV	Puterea ce poate transmite, MW	Distanța maximă, km
220	200—250	200—250
330	400—500	500
400	600—700	900
500	750—1000	1000—1200

Trebuie arătat că în permanență U.R.S.S. a fost în fruntea țărilor care au introdus tensiunile înalte pentru transportul energiei la distanță, liniile de tensiune cele mai înalte găsindu-se în U.R.S.S. Studiile aprofundate făcute au arătat că însăși tensiunea de 500 kV în următorii ani va deveni insuficientă, fapt ce impune introducerea unei noi trepte de tensiune, care conform normelor GOST va fi 750 kV. Procentul liniilor de foarte înaltă tensiune din totalul liniilor de transport este în continuă creștere. O mare atenție se acordă și liniilor de transport de energie în curent continuu pentru puteri și distanțe mari, în anii 1962—1963 punîndu-se chiar în funcțiune experimentală linia de 800 kV Volgograd-Donbas de 750 MVA [15].

Pentru reducerea prețului de cost al stîlpilor s-a trecut atît la încadrarea lor într-o serie unitară, reducîndu-se mult numărul de tipuri, cît și realizarea de noi stîlpi din beton armat. Astfel, economia de metal ce se obține la folosirea stîlpilor de beton în locul celor din OL pentru 1 km linie este de 10130 kg, ceea ce reprezintă o economie de 51,5% din consumul general de OL pe un km de linie [16]. De asemenea, acolo unde prezența stîlpilor de metal este absolut necesară se folosesc noile tipuri care au permis ca pe linia de 500 kV Votkenskaia-Sverdlovsk să se obțină economii de metal de două ori mai mari decît la o altă linie construită cu stîlpi de tip vechi, Volgograd-Moscova.

Interconexiuni ale liniilor și crearea sistemului energetic unic

Dacă în țările mai puțin întinse, cu o densitate mai uniformă a populației și industriei, interconectarea s-a făcut mai ușor, ca o tendință de unificare a diferitelor sisteme vecine care n-au cerut cheltuieli mari suplimentare, în cazul Uniunii Sovietice problema se pune puțin diferit datorită teritoriului ei enorm și centrelor industriale puternice situate la distanțe mari unele de altele. De aceea, pentru Uniunea Sovietică, cu raioanele sale industriale izolate, poate fi posibilă încă o perioadă de timp, existența unor sisteme energetice care să lucreze în mod izolat [4]. Sistemul energetic unic al U.R.S.S. trebuie să fie creat într-o anumită succesiune (determinată în principal de condiții tehnico-economice), de dezvoltare și apropiere a rețelelor pînă la unificarea deplină a sistemului. În acest fel, se va dispune de o suficientă rezervă de putere, sistemul fiind capabil să transporte energia din raioanele de răsărit (Siberia și Asia) în partea europeană a țării; de asemenea se creează premisele unei interconectări cu celelalte sisteme energetice ale țărilor socialiste, de micșorare a rezervei de avarie și de deplasare a maximului de sarcină, datorită întinderii mari a sistemului și diferenței de ore.

În prezent se realizează sistemul unic al părții europene a U.R.S.S. care cuprinde sistemele energetice Centru, Sud, Ural, Povolja. Linia de 800 kV Volgograd-Donbas va fi dată în funcționare în anul 1962 și va mări puterea electrică a sistemului. În anul 1965 la sistemul unificat european va fi conectat sistemul Răsărit-Apus, iar spre sfîrșitul anului 1970 el va cuprinde și sistemul Nord-Caucaz.

În anul 1970 în sistemul unificat european vor fi exploatate nu mai puțin de 15 000 km linii de 500 kV, fapt care va permite o stabilire precisă a graficelor de sarcină a diferitelor sisteme, o micșorare a maximului de sarcină (în 1965) la 600—700 MW și a rezervei necesare a avariei la 900—1000 MW [14].

Rolul institutelor de cercetări

Un rol important în rezolvarea diferitelor probleme puse de energetică îl joacă institutele de cercetări științifice VTI, TKTI, VNIIE, NIIPT.

„Institutul tehnologic unional" (VTI)] dezvoltă o largă activitate științifică în legătură cu realizarea de blocuri cazan-turbină, acordînd asistență în special sistemului Ural-Sud. În mod analog Institutul central de cercetări științifice pentru cazane și turbine TKTI ia parte la cercetările în legătură cu punerea la punct a centralelor de pe Nipru.

Realizarea celor mai economice regimuri de funcționare a sistemelor este studiată la „Institutul Unional de Cercetări științifice electroenergetice". În anul 1960 s-au dat recomandări pentru funcționarea sistemului Apus-Siberia, s-au studiat și redus pierderile în sistemul Sud, s-au aplicat metode moderne de calcul al sistemelor, folosindu-se mașinile analogice de calcul.

Pentru rezolvarea problemelor legate de transportul energiei în c.c. s-a înființat „Institutul de cercetări științifice în cc" (NIIPT). Aici se rezolvă lucrările necesare pentru construcția și exploatarea liniei de cc de 800 kV, hidrocentrala de pe Volga, cercetări în legătură cu transmisia energiei la distanțe mari (2000 km).

În afară de problemele curente, de ajutor direct al energeticii, există multe probleme de perspectivă. Astfel programul P.C.U.S. prevede efectuarea de cercetări teoretice în domenii determinante ale progresului tehnic. Vor trebui studiate bilanțul energetic și de combustibil pe țară, cercetarea căilor de cea mai bună utilizare a resurselor naturale de energie, elaborarea bazelor științifice ale sistemului energetic unic, descoperirea de surse noi de energie și a metodelor de transformare directă a energiei termice, nucleare și solare în energie electrică, rezolvarea problemei comenzii în reacțiile termonucleare.

Problemele și progresele industriei electrotehnice

Industria electrotehnică din U.R.S.S. este principalul furnizor al echipamentului și utilajului mecanic și electric necesar pentru realizarea lucrărilor de electrificare. Ea trebuie să producă în condiții tehnologice înaintate un bogat sortiment de produse electrotehnice de înaltă tehnicitate pentru instalațiile de producere, distribuție și utilizare a energiei electrice, din sistemele energetice, din industrie, din agricultură și din aglomerații, orașe, colhozuri, sovhozuri etc. Într-adevăr, întreprinderile socialiste ale industriei electrotehnice și ale industriei de construcții de mașini înrudite fabrică un imens și variat sortiment de produse, din care unele, mai demne de remarcat, se amintesc în cele ce urmează, împreună cu construcțiile și sortimentele în curs de proiectare și realizare în

vederea aducerii la îndeplinire a sarcinilor prevăzute în planul septenal și în programul P.C.U.S.

Grupuri electrogene

Întreprinderile electromecanice grele din U.R.S.S., în continuă dezvoltare și extindere, au reușit pînă în prezent fabricarea turbogeneratoarelor cu puteri pînă la 300 MW și lucrează la asimilarea turbogrupurilor de 500 și 800 MW.

Pentru centralele hidroelectrice mari de pe Volga s-au livrat hidrogeneratoare cu puteri unitare de 115 MW, care funcționează în bune condiții. La CHE Bratsk s-au instalat pînă în prezent o serie de grupuri de 225 MW.

Producția industriei electrotehnice urmărește din motive ușor de înțeles un ritm de creștere proporțional cu cel al energiei produse. Puterile enorme ce se vor instala pînă în anul 1980 în hipercentralele hidraulice, și anume 5 000 MW la Krasnoiarsk pe Ienisei, 4 500 MW la Bratsk pe Angara, sînt mult mai mari decît 2 530 MW în CHE „Congresul al XXII-lea al P.C.U.S." și 2 300 MW în CHE „V. I. Lenin", cele două noduri binecunoscute pe Volga, care au depășit cu mult cea mai mare CHE americană de la Grande Coulée care are 1 974 MW. Este astfel lesne de înțeles că puterea unitară a turbinelor și generatoarelor sincrone va tinde în U.R.S.S. să atingă valoarea uriașă de 1000 MW.

Se prevede construcția a 2 800 noi întreprinderi constructoare de mașini și de prelucrare a metalelor perfect mecanizate și automatizate, ceea ce va permite ca producția acestei ramuri industriale să crească de 10—11 ori.

Proiectarea și construcția echipamentului electroenergetic al acestor hipercentrale și al magistralelor care le vor interconecta pun probleme grele muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor sovietici, pe care aceștia le vor rezolva cu cinste.

Încă în timpul septenalului se vor realiza pentru cea mai mare CHE din lume, Krasnoiarskaia, pe fluviul Ienisei, agregate de 500 MVA fiecare. Pentru alte CHE cu căderi cuprinse între 100 și 300 m se preconizează realizarea de turbine și hidrogeneratoare cu puteri de 300—500 MVA, și chiar de 1000 MVA. Spre a scădea volumul de muncă la hidrocentralele cu căderi de ordinul 10—20 m se construiesc hidroagregate orizontale cu puteri de 50 MW și mai mult [17].

Creșterea rapidă a puterilor instalate în cursul septenalului și pînă în 1980 realizîndu-se prin construcția de termocentrale cu puteri de 1200—2400 MW și mai mult, s-a prevăzut elaborarea unor blocuri cazan-turbină cu puteri de 300—500—800 MW, și chiar de 1 GW. Cazanele vor avea o capacitate de 950—1600—2500 tone pe oră abur de 240 ata și 565—580°C.

În prezent se construiesc turbine cu gaz cu puteri de 25 și 50 MW, care vor intra în exploatare în cursul anului 1962, prima la CTE Kiev, a doua la CTE Harkov. La uzina metalurgică din Leningrad s-a terminat proiectul unei turbine cu gaz de tipul GT-100-750 cu o putere de 100 MW la o temperatură a gazului de 750°C. Turbinele cu gaz permit o reducere cu 20—30% a costului specific pe kW putere și o micșorare de 30—50 ori a cantității de apă de răcire necesare, ceea ce dă posibilitatea realizării de centrale cu puteri mari în raioane ale țării lipsite de apă. În legătură cu experiența cîștigată la construcția acestor turbine se acordă o mare atenție cercetărilor tehnico-științifice ce urmăresc creșterea parametrilor aburului la turbine cu abur de la 300 ata și 600°C la 400 ata și 700°C.

Uzinele „Electrosila" din Leningrad au început construcția a două serii de turbogeneratoare cu răcire specială (cu hidrogen) de tipul TVF și TVV, prima serie cuprinzînd puteri de 60—200 MVA și cea de a doua de 150—300 MVA. Tensiunile de regim utilizate sînt 6,3, 10,5 și 20 kV, ultima treaptă cerînd aplicarea unor materiale izolante și a unor procese tehnologice speciale. Alte probleme se pun la ermetizarea carcasei, la izolația înfășurării rotorice, ce se realizează din sticlă și din materiale epoxidice, la aplicarea bandajelor ca și la manipularea marilor piese (de ex. rotorul poate atinge 55 t, iar greutatea completă a statorului 200 t) [18].

Transformatoare

În domeniul construcției transformatoarelor progresele realizate și problemele ce se pun pentru construcții viitoare sînt la fel de importante și variate.

Se construiesc transformatoare trifazate cu puteri pînă la 300 MVA pentru tensiuni de 220, 330 și 400 kV cît și transformatoare monofazate de 250 MVA pe fază cu reglarea tensiunii sub sarcină.

Dezvoltarea construcției autotransformatoarelor merge în ultimul timp pe calea îmbunătățirii caracteristicelor tehnice și măririi puterii pe unitate. Rezultatele obținute pînă acum permit să se tragă concluzia că pot fi construite cu rezultate bune următoarele autotransformatoare: la tensiuni de 150/110, 220/110 și 330/220 kV unități pînă la 630 MVA în execuție trifazată și la tensiuni de 500/220 și 500/110 kV pînă la 400 MVA în execuție mono- și trifazată [19].

Noile unități de autotransformatoare și transformatoare pentru tensiuni de 500 și 750 kV folosesc noi materiale izolante, iar circuitul magnetic se realizează din tolă texturată laminată la rece, ceea ce conduce la o importantă micșorare a pierderilor. O atenție specială se acordă tehnologiei acestor tole pentru a nu-și înrăutăți proprietățile în procesul de prelucrare. De aceea, se prevede tratarea termică a tolelor după tăiere și stanțare. Ca urmare pierderile

specifice au scăzut, gabaritele s-au micșorat iar prețul de cost s-a redus.

Stații de transformare și conexiune

În construcția de stații de transformare și de conexiune Uniunea Sovietică se situează pe o poziție înaintată în întreaga lume, din cauza concentrației enorme de putere în hipercentrale și din cauza distanțelor mari care separă stațiile, ceea ce condiționează utilizarea largă a celor mai înalte tensiuni.

Imensa întindere a țării și varietatea condițiilor atmosferice, climatice, geografice, geologice, cer o adaptare corespunzătoare a echipamentului stațiilor la aceste condiții.

În stațiile hipercentralelor se aplică măsuri largi de compartimentare a circuitelor și bobine de șoc spre a reduce puterile de scurt-circuit care altfel ar crește peste limitele suportabile pentru echipamentul obișnuit.

În nici o altă țară nu se construiesc atît de multe stații de 110 kV provizorii pentru șantiere, cu echipament redus și simplu care cu timpul se înlocuiește cu echipament complex și definitiv.

Echipamentul liniilor

Echipamentul liniilor de transport în curent alternativ de 500 kV care leagă Moscova de hipercentralele de pe Volga a fost expus la expoziția permanentă a realizărilor economiei naționale a U.R.S.S., din Moscova, în 1962, și distins cu premiul Lenin.

La tensiunile de 330, 400 și 500 kV la care funcționează azi multe linii de transport în U.R.S.S. cît și mai ales la tensiunea de 750 kV, care reprezintă treapta următoare de tensiune, apar fenomene care chiar dacă sînt cunoscute în esență, nu se cunosc încă în intensitatea și în efectele lor.

Astfel, pentru limitarea efectului corona care produce pierderi din ce în ce mai importante cu creșterea tensiunii și pentru reducerea perturbațiilor atmosferice s-au întreprins cercetări extinse și s-au dat soluții de avangardă, caracterizate prin utilizarea de conductoare fasciculare și ecranări de o construcție specială [20].

Creșterea lungimii liniilor impune dezvoltarea a noi unități de producție a izolatoarelor atît din materiale plastice cît și din materiale care pînă în prezent nu au mai fost folosite la linii de înaltă tensiune, cum sînt izolatoarele din sticlă călită. Astfel, în anii ce urmează se vor construi 85 linii automatizate pentru producția de izolatoare de porțelan și 30 linii similare pentru izolatoare de sticlă, o serie de întreprinderi metalurgice profilîndu-se pentru fabricarea mașinilor speciale necesare acestor automatizări [21].

Izolatoarele din sticlă călită mai economice decît cele din porțelan au proprietăți electrice, termice și mecanice superioare, ceea ce permite o micșorare a gabaritelor și în consecință a armăturilor. Acești factori și automatizarea completă a fabricației duc la creșterea productivității muncii și la reducerea prețului de cost, astfel că în 1965, 30% din producția totală de izolatoare se va realiza din sticlă călită.

O tehnică cu totul nouă reclamă echiparea stațiilor și liniei de transport în curent continuu de $\pm$ 400 kV de la Volgograd la Donbas. Elementele redresoare cu mercur, elaborate de institutele electrotehnice unionale de cercetare și proiectare, sînt de un tip special, tensiunea inversă atingînd 100 kV.

Sînt în curs cercetări pentru elaborarea echipamentului unor linii de transmisie în curent continuu cu tensiuni de ordinul $\pm$ 700 kV.

În domeniul construcției cablurilor s-au produs tipuri perfecționate și se prevede realizarea unor execuții noi pentru tensiuni pînă la 500 kV, pentru care se vor utiliza izolanți noi. În viitor cuprul se va înlocui cu aluminiul iar plumbul cu materiale plastice sau metale unvar.

Probleme importante se pun în legătură cu mecanizarea, automatizarea, telemecanizarea, telemăsura și telecomanda instalațiilor din centrale și stații electrice. Controlul și reglarea proceselor tehnologice se face și în prezent prin folosirea largă a schemelor de comandă și de protecție complet automatizate. În viitor se prevede o largă contribuție a mașinilor de calcul electronice, a aparatelor de televiziune, a telecomenzilor complexe automatizate extinse pe sisteme regionale și, în sfîrșit, pe sistemul energetic unic unional care va fi interconectat cu sistemele țărilor socialiste învecinate.

Aparatajul de înaltă tensiune

În domeniul construcției aparatelor de conectare de înaltă tensiune s-au realizat întreruptoare cu aer comprimat de 400 kV care după mici transformări se utilizează în prezent la tensiunea mărită de 500 kV, cu puterea de rupere de 25 GVA, pe magistralele care leagă hipercentralele de pe Volga cu regiunea industrială a Moscovei [23]. De cîțiva ani se studiază o nouă serie unitară de întreruptoare de putere bazată pe principiul compunerii din elemente constructive unitare [2]. Această serie, avînd toate părțile mobile capsulate, corespunde condițiilor atmosferice celor mai variate. Înserierea camerelor de stingere unitare permite atingerea celor mai mari puteri de rupere, de 50 GVA, care se întîlnesc sau se vor întîlni în stațiile hipercentralelor.

În construcția separatoarelor s-au atins rezultate remarcabile. S-au elaborat construcții noi montate pe un singur izolator și contacte speciale pentru spargerea gheții depuse. La tensiunea de 110 kV pentru stații provizorii s-au construit separatoare de scurtcircuitare care țin locul întreruptoarelor. La un defect în stație se scurtcircuitează linia, care se deconectează apoi pe partea alimentată prin întreruptor.

Construcția separatoarelor de 500 și 750 kV va pune noi probleme în legătură cu stabilitatea dinamică și cu cinematica la manevrări.

Descărcătoarele, care protejează echipamentul stațiilor împotriva supratensiunilor atmosferice, s-au perfecționat mult în ultimul timp prin construcția unor tipuri de 10 kA curent nominal la tensiuni pînă la 500 kV. Problema importantă este aci reducerea înălțimii coloanei, ceea ce s-a realizat prin dispunerea elementelor componente în zig-zag. S-au elaborat descărcătoare cu suflaj magnetic pentru cele mai înalte tensiuni [24] și descărcătoare speciale pentru protecția mașinilor, avînd o tensiune reziduală redusă la un curent de scurgere de 10 kA [25].

De caracteristicile descărcătoarelor pentru liniile de 750 kV va depinde nivelul de izolație al acestor linii. De aceea, elaborarea acestor elemente este foarte importantă din punctul de vedere al coordonării izolației.

Electrificarea căilor ferate

Pe teritoriul imens al Uniunii Sovietice electrificarea căilor ferate este o problemă foarte dificilă. Ea s-a atacat cu curaj întîi în anumite regiuni în care traficul intens sau pantele mari ofereau condiții favorabile, apoi prin electrificarea celei mai lungi linii de pe glob, linia transsiberiană. S-au creat noi tipuri de locomotive electrice de mare putere și pentru mari viteze așa cum s-a arătat într-o lucrare recent publicată în coloanele acestei reviste [25].

Echipamentul electric industrial, agricol și casnic

Sortimentul de produse electrotehnice destinate tuturor ramurilor industriei, agriculturii și aglomerațiilor (bunuri de larg consum) fabricate în U.R.S.S. este enorm și variat. El cuprinde mașini electrice de diverse tipuri și execuții, în speță motoare asincrone și sincrone pentru acționări electrice, transformatoare de rețea, aparataj de înaltă și de joasă tensiune, redresoare statice, utilaj electrotermic, de sudură, aparate electromedicale, surse pentru iluminatul electric, aparate electrice casnice, aparate electronice etc.

Problemele care se pun în legătură cu fabricația actualelor sortimente și cu elaborarea noilor tipuri sînt multiple și variate, astfel că în cadrul unei expuneri scurte nu se pot aminti decît cele mai caracteristice.

Beneficiarii cer în special echipament de stații capsulat, montat în fabrică astfel ca timpul de montat pe șantier să se reducă în mod considerabil.

De mare importanță economică este elaborarea unor serii noi de transformatoare de putere cu înfășurări din aluminiu și de motoare care să satisfacă cererile diverse ale industriei și agriculturii, în speță cele referitoare la unirea constructivă a mașinilor electrice cu mașinile-unelte, cît și cele referitoare la mașinile și transformatoarele ce funcționează în condiții grele în mine, în exploatări petroliere, forestiere, agricole etc.

Se prevede realizarea unor noi serii de aparate de joasă tensiune cu înalți indici tehnici și de exploatare, fabricate în serii mari.

Redresoarele cu semiconductoare vor avea în viitorul apropiat o dezvoltare impetuoasă înlocuind în multe cazuri redresoarele mecanice și convertizoarele rotative în instalațiile de electroliză, în locomotivele electrice, în schemele de automatizare electrice etc.

În domeniul acționărilor electrice se pun variate probleme de comandă automată și de reglaj automatizat, care cer elaborarea de noi teme și sisteme cu utilizarea largă a mașinilor de calcul electronice, în toate cazurile în care aplicarea lor aduce economii.

Problemele ce stau în fața lucrătorilor din industria electrotehnică sovietică sînt astfel într-adevăr importante, complexe și grele.

Rolul cercetărilor tehnico-științifice în domeniul electrotehnicii

Chiar în programul P.C.U.S. se precizează că accelerarea progresului tehnico-științific reprezintă cea mai importantă problemă națională avînd ca scop, în final, reducerea termenelor de proiectare a produselor noi și grăbirea intrării lor în circuitul economic general. Accelerarea elaborării și introducerii în exploatare a noilor mijloace de producție și produse se realizează prin dezvoltarea bazelor materiale pentru construcții și cercetări. Se prevede lărgirea și extinderea instalațiilor și platformelor pentru experimentări industriale și pentru cercetări științifice, atît în întreprinderi cît și în institutele de cercetare cu caracter electrotehnic. Fără o verificare experimentală cuvenită nu se poate garanta acea durabilitate și stabilitate față de influențe exterioare, care se cer azi și în viitor echipamentului electric de tot felul.

Cercetarea științifică pusă în slujba perfecționării utilajului electric va fi dezvoltată în ritmul rapid de creștere al producției. Numai astfel se pot realiza în cele mai bune condiții tehnice obiectivele măreț prevăzute pentru industria electrotehnică sovietică în planul septenal și în programul lansat la cel de al XXII-lea Congres al P.C.U.S.

Bibliografie

[1] Uniunea Sovietică la a 42-a aniversare în plin avînt pe drumul construirii comunismului. Electrotehnica, *7* (1959) 11, 377–378.

[2] *Avramescu A.*: Principiile tehnico-economice pentru construcția echipamentului de foarte înaltă tensiune. Electrotehnica, *8* (1960) 1, 2–10.

[3] *Hortopan Gh.*: Noi realizări ale științei și tehnicii sovietice în domeniul aparatajului de înaltă tensiune. Electrotehnica, *8* (1960), 11, 373–379.

[4] *Siromiatnicov I. A.* : Razvitie energhetiki v svete reșenii XXII siezda KPSS, Electricestvo, 82 (1962) 1,1-6.
[5] *Rubțov M. K., Baianov B. D., Beliaev G. S.* : Nazrevșie voprosî elektrifikații seliskovo hoziaistva. Elektricestvo, *82* (1962) 6, 1—5.
[6] *Pavlenco D. K.* : Electrifikația respublichi, edinoe upravlenie. Elektriceskie stanții, *33* (1962) 7, 2—4.
[7] Sovetskaia Energhetika k XXII siezdu KPSS. Energhetik, *9* (1961) 10, 1—4.
[8] *Mihailov N. M., Kiselev P. I.*: Novîie moșcinîie elektrostanții doljnî imeti naibolee soverșenie pîleprigotovlenia. Elektriceskie stanții, *33* (1962) 1, 6—9.
[9] *Sobenco-Sobin* : Paroturbinnîie agregatî dlia moscinîh energheticeskih blokov. Elektriceskie stanții, *33* (1962) 6, 2—8.
[10] Reșenia XXII siezda PKSS — v jizni. Energhetik, 1961 (*9*), 11, 1—5.
[11] Bîstree vooditi v deistvie i asvaivati novîie energheticeskie moscinosti. Elektriceskie stanții, *33* (1962) 4, 2—3.
[12] *Gohtein I.* : Nekotorîie puti sozdania teploenergheticeskih ustanovok bolșoi moscinosti i vîsokoi ekonomicinosti. Elektriceskie stanții, *33* (1962) 4, 4—10.
[13] Elektrosetevoie stroitelstvo v 1960—1980. Energhetik, *9* (1961) 12, 1—4.
[14] *Rokotian S. S.* : Znacenie linii 500 kV v energheticeskom hoziaistve SSSR. Energhetik, *10* (1962) 7, 7—10.
[15] *Bashnil I. A. Budzko* : Adna is vazneișih zadac. Vestnic Elektropromîșlennosti, *33* (1962) 9, 1—3.
[16] *Levin L. E.* : Novaia konstrukția jeleznobetonnoi oporî dlia linii elektroperedaci 500 kV. Energhetik, *9* (1961) 9, 2—6.
[17] Naucino-tehniceskie problemî sviazannîie s pretvoreniem v jizni leninskoi idei elektrificații. Elektriceskie stanții, *33* (1962) 1, 2—6.
[18] *Vartanian G. P., Diacenko G. I.* : Konstrukția moscinîh turbogheneratorov zavoda „Electrosila" imeni S. M. Kirov i filiala VNIIEM. Vestnik Elektropromîșlennosti, 1962 (*33*), 4, 16—19.
[19] *Popovici N. V.* : Perspektivî razrabotki i osvoenia avtotransformatorov balșoi moscinosti. Vestnik Elektropromîșlennosti, 1962 (*33*), 7, 1—6.
[20] *Popkov V. I.* : Elektriceskoe pole pri perehodnoi unipoliarnoi korone. Izvestia Akademii Nauk S.S.S.R., 1954, 7.
[21] *Proskorovschi I. S. Maikin A. M.* : Ob organizații proizvodstva vîsokovolitnîh izoliatorov. Steklo i Keramika, *XIX* (1962)4, 37—38.
[22] *Martinov V. B. — Puzirischi G. S.* : Vozdușnîie vîkliuciateli VEI. Vestnik Elektropromîșlennosti, [*33*), 1962 2, 34—37.
[23] *Bronfman A. I., Gutman Iu. M.* : Ventîlnîi magnitnîi razriadnik kombinirovannovo tipa na napriajenie 500 kV. Vestnik Elektropromîșlennosti, *33* (1962) 4, 29—33.
[24] *Sisman D. V., Mehova N. N.* : Ventilnîie razriadnik i dlia zasciti elektriceskih mașin. Vestnik Elektropromîșlennosti, *33* (1962) 2, 75—77.
[25] *Hortopan Gh.* : Tracțiunea electrică în U.R.S.S. Electrotehnica, *10* (1962) 5, 153—162.

Intrat în redacție la 25.09.1962

Determinarea pierderilor în mașini electrice prin efectuarea încercării de lansare

Ioan Șora* — Timișoara

CZ 621.313.017.001.5

Determinarea pierderilor de putere în fier mecanice și datorită ventilației la mașini electrice este în general afectată de erori, datorită faptului că expresiile analitice ale acestor pierderi au fost deduse punîndu-se ipoteze simplificatoare. Pentru eliminarea acestor erori în articol se pune problema determinării pierderilor la mașini electrice pe cale experimentală prin efectuarea încercării de lansare. Metoda propusă a fost verificată și experimentată.

Pierderile de putere într-o mașină electrică se pot împărți în următoarele categorii : pierderi în cupru (înfășurări), pierderi în fier (histerezis și curenți Foucault), pierderi mecanice și pierderi provenite din ventilație.

Determinarea pierderilor în înfășurările mașinilor electrice poate fi realizată cu suficientă precizie prin cunoașterea valorilor pentru rezistența înfășurării și a curentului ce parcurge înfășurarea respectivă.

Pentru determinarea pierderilor de putere în fier, mecanice și datorite ventilației, metodele teoretice [1] care stabilesc valoarea acestora ne conduc la obținerea unor rezultate afectate de erori, deoarece relațiile deduse pe cale analitică au la bază o serie de ipoteze legate de necesitatea simplificării calculului ; tocmai așa se explică faptul că pentru determinarea acestor pierderi, în literatură sînt date diferite relații în care intervin o serie de coeficienți ce se iau din tabele.

Datorită dificultăților pe care le prezintă calculul analitic în problema determinării corecte a pierderilor în fier, mecanice și ventilație, se pune problema determinării pe cale experimentală a acestora.

1. Metoda încetinirii. În cele ce urmează ne vom referi la metoda încetinirii, cu ajutorul căreia se pot determina și separa pierderile în fier, mecanice și datorită ventilației. În cazul aplicării acestei metode se aduce mașina la turație, pentru ca apoi la un moment dat să se îndepărteze cuplul de antrenare. În aceste condiții turația rotorului va scădea și va deveni nulă în momentul consumării complete a energiei înmagazinate în masele rotitoare.

Cuplul de frînare M_f datorit pierderilor este proporțional în fiecare moment cu întîrzierea [3, 4, 5].

Cu metoda clasică nu se face determinarea directă a întîrzierii ci trebuie să se înregistreze

*) *I. Șora* este inginer proiectant la I. I. S. „Electromotor" Timișoara.

curba turației în funcție de timp („curba lansării") și prin derivare grafică să se determine întîrzierea (fig. 1). Determinarea întîrzierii în

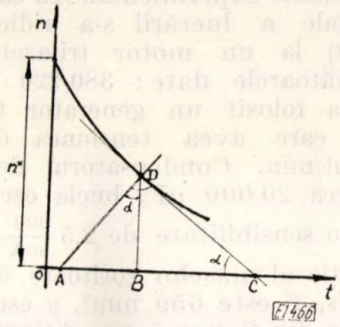


Fig. 1. Forma curbei $n = f_1(t)$.

acest fel este relativă și necesită construcții grafice numeroase. Ytterberg a realizat derivarea curbei turației pe cale electrică [3]. Montajul folosit de el este reprezentat în figura 2. Mașina M care se studiază este cuplată

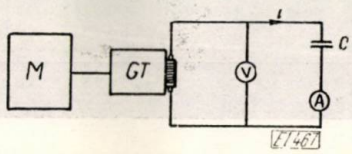


Fig. 2. Dispozitivul experimental după Ytterberg.

cu un generator tahometric de curent continuu G.T. La bornele generatorului tahometric se leagă voltmetrul pentru ridicarea curbei $n = f_1(t)$ și ampermetrul cu condensatorul de derivare C pentru ridicarea curbei $M_r = f_2(t)$.

Tensiunea la bornele generatorului tahometric în ipoteza că se neglijează căderea de tensiune interioară este proporțională cu turația, adică:

$$u = K \cdot n. \tag{1}$$

Dacă tensiunea la bornele ampermetrului este neglijabilă față de tensiunea la bornele condensatorului, în procesul tranzitoriu al încetinirii rotorului, curentul i are expresia:

$$i = -C \cdot K \cdot \frac{dn}{dt}. \tag{2}$$

Energia înmagazinată în rotorul aflat în mișcare de rotație, corespunzătoare turației n^* este dată de relația:

$$L^* = \frac{GD^2}{8g} \Omega^{*2}, \tag{3}$$

în care:

GD^2 este momentul de girație al maselor în rotație;
Ω^* — viteza unghiulară corespunzătoare turației n^*.

La un moment oarecare puterea corespunzătoare cuplului de frînare este dată de relația [5]:

$$P_f = -\frac{dL}{dt}. \tag{4}$$

Știind că:

$$L = \frac{GD^2}{8g} \cdot \Omega^2, \tag{5}$$

se obține:

$$P_f = -\frac{GD^2}{4g} \cdot \Omega \cdot \frac{d\Omega}{dt}; \tag{6}$$

$$\Omega = \frac{2\pi n}{60}, \tag{7}$$

se obține:

$$P_f = -\frac{GD^2}{g} \cdot \frac{\pi^2}{3\,600} \cdot n \cdot \frac{dn}{dt}, \tag{8}$$

sau

$$P_f = -\frac{GD^2 \pi^2}{3\,600} \cdot n \cdot \frac{dn}{dt}, \tag{9}$$

în care:

P_f este puterea corespunzătoare pierderilor care au loc în mașină, în W;
GD^2 — momentul de girație al maselor în rotație, în kgm²;
n — turația rotorului, în rot/min;
t — timpul, în s.

Produsul $n \cdot \frac{dn}{dt}$ corespunde subnormalei curbei $n = \beta_1(t)$, (segmentul $\overline{AB}$, din figura 1).

Din relațiile (2) și (9) se obține:

$$P_f = \frac{GD^2 \cdot \pi^2}{3\,600} \cdot n \cdot \frac{i}{C.K},$$

în care:

i este curentul de descărcare al condensatorului, în A;
C — capacitatea de derivare, în F;
K — constanta generatorului tahometric, în $V \cdot \frac{min}{rot}$.

$$\frac{P_f}{n} = \frac{GD^2 \pi^2}{3\,600} \cdot \frac{i}{C.K}. \tag{11}$$

Concluzia este că în condițiile specificate, curentul de descărcare al condensatorului C este o măsură a cuplului de frînare M_f.

2. Metoda de etalonare. Pentru determinarea experimentală a pierderilor se propune utilizarea unei scheme tip Ytterberg, la care să se folosească un generator tahometric omopolar GTO, iar ampermetrul și voltmetrul să fie înlocuite cu buclele unui oscilograf mecanic BO1, BO2 (figura 3).

Utilizarea generatorului tahometric omopolar oferă avantajul că dispar din curba tensiunii la bornele generatorului pulsațiile datorită colectorului și crestăturilor. Pentru înregistrarea continuă a curbei cuplului de frînare $M_f = f_2(t)$ servește bucla BO1, iar pentru înregistrarea curbei turației $n = f_1(t)$ servește bucla BO2 (figura 4).

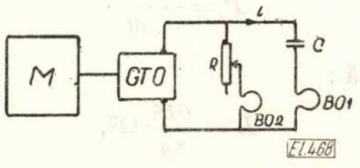


Fig. 3. Schema experimentală adoptată.

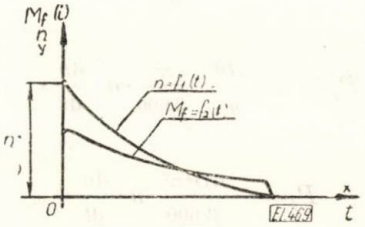


Fig. 4. Forma curbelor $n = f_1(t)$ și $M_f = f_2(t)$.

Dacă se cunoaște sensibilitatea buclelor oscilografului din oscilograma ridicata, se poate determina în orice moment valoarea curentului i,

$$i = \frac{y}{\mu_i}, \tag{12}$$

în care:

μ_i este sensibilitatea buclei, în $\frac{\text{mm}}{\text{A}}$;

y — ordonata din oscilogramă, în mm.

Legătura dintre curentul i și puterea P_f la o turație n se obține aplicînd relația (10).

Dacă nu se cunoaște sensibilitatea buclelor oscilografului determinarea factorului $\frac{i}{C.K}$ din relația (10) se face astfel:

$$K = \frac{u}{n} = \frac{u^*}{n^*};$$

$$t = \frac{\chi}{\mu_t};$$

$$u^* = \frac{F}{C \cdot \mu_i \cdot \mu_t}, \tag{13}$$

în care:

μ_t este scara timpului, în $\frac{\text{mm}}{\text{s}}$;

F — aria închisă de curba $M_f = f_2(t)$ și abscisa, în mm²,

se obține: $$\frac{i}{C \cdot K} = \frac{y \cdot n^* \mu_t}{F}. \tag{14}$$

Relația (10) devine:

$$P_f = \frac{GD^2 \cdot \pi^2 \cdot n^*}{3\,600} \cdot \frac{y \cdot \mu_t \cdot n}{F}. \tag{15}$$

Relația (15) oferă posibilitatea de a determina pierderea de putere la orice turație.

3. Rezultatele experimentale. În cadrul părții experimentale a lucrării s-a ridicat curba $M_f = f_2(t)$ la un motor trifazat asincron avînd următoarele date: 380/220 V, 7 kW, $2p = 2$. S-a folosit un generator tahometric omopolar, care avea tensiunea de 1,2 V la 3000 rot/min. Condensatorul de derivare este de circa 20 000 μF, bucla oscilografului BO1 avea o sensibilitate de 2,5 $\frac{\text{mm}}{\text{mA}}$, momentul de giratie al maselor rotitoare 0,35 kgm², $\mu_t = 4$ mm/s, F este 659 mm², y este 16 mm. Oscilograma din figura 5 s-a obținut folosind schema propusă.

În oscilograma prezentată, scara de timp corespunde frecvenței de 50 Hz. S-au calculat cu ajutorul relației (15) pierderile mecanice și

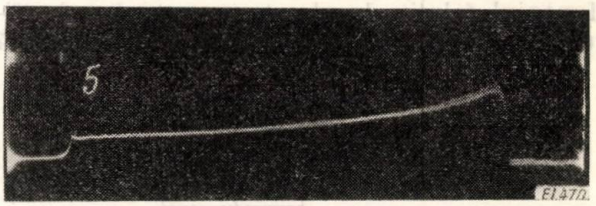


Fig. 5. Oscilograma curbei $M_f = f_2(t)$.

prin ventilație corespunzătoare turației de 2990 rot/min obținîndu-se valoarea 834 W.

În concluzie, considerăm metoda propusă corespunzătoare, ea oferind avantajul de a determina și separa pierderile în mașini prin ridicarea curbelor $M_f = f_2(t)$ în diferite condiții de excitare a mașinii.

Bibliografie

[1] *Șora, I.*: Determinarea experimentală a caracteristicii cuplului la motoarele asincrone cu rotorul în scurt circuit. În: Electrotehnica, **5**, 1957, 12, 424.

[2] *Șora, I.*: Contribuțiuni privind etalonarea oscilogramelor obținute la ridicarea experimentală a caracteristicii cuplului la motoarele asincrone cu rotorul în scurt circuit. În: Electrotehnica, **6**, 1958, 4, 138.

[3] *Ytterberg, A*: Eine neue Methode zur Bestimmung der Leerlaufverluste einer Maschine. ETZ, **33**, 1912, 1591.

[4] *Piotrovski, M*: Mașini electrice, traducere din limba rusă, București, Editura Energetică de Stat, 1953.

[5] *Richter, R*: Mașini electrice, traducere din limba germană, București, Editura Tehnică, 1960.

[6] *Jerve, G.*: Încercările industriale ale mașinilor electrice. Traducere din limba rusă, București, Editura tehnică, 1961.

[7] *Oprendek, B., Matlak, I., Șora, I.*: Dimensionarea optimă și posibilitățile de folosire a mașinii omologate cu generator tahometric. Lucrare prezentată la cea de a IX-a sesiune științifică a cadrelor didactice ale Institutului Politehnic Timișoara, 7—14 aprilie 1962.

[8] *Führer, H., Waldmann, L.*: Ein einfaches Verfahren zur Aufnahme der Drehmomenten — Drehzahlkennlinie von Asynchronmotoren. E.u.M., **79**, 1962, 1, p. 9.

Intrat în redacție la 8.5.1962

Tratamentul termic al tolei silicioase laminată la rece cu pierderi reduse folosită în industria electrotehnică

Constantin Fugaru şi Gheorghe Nistor* – Bucureşti

Autorii au studiat problemele care se pun în vederea ameliorării tolei laminate la rece după ce aceasta suferă procesele de ştanţare şi tăiere. Este vorba de recoacere în atmosferă neutră. Se descriu procesele necesare care s-au experimentat la ICET precum şi ameliorările obţinute pentru micşorarea pierderilor specifice.

CZ 621.318.22.017.3.002.2

Pierderile de mers în gol sînt pierderi constante în transformatoare. Procentual mici, raportate la puterea transformatorului, însumate pe întreaga reţea ating valori mari care conduc la o creştere apreciabilă a puterii instalate în centrale şi staţii.

Pierderile în fierul transformatoarelor pot fi reduse prin două metode:

— Micşorarea încărcării magnetice a miezului prin reducerea inducţiei, metodă neeconomică care conduce la gabarite mari şi consumuri mari de materiale active.

— Folosirea materialelor de calitate superioară pentru construcţia miezului, metodă care a devenit posibilă o dată cu apariţia tablei silicioase cu cristale orientate laminată la rece.

S-a trecut azi în mod curent la fabricarea transformatoarelor cu tolă laminată la rece, cu pierderi reduse. S-a înlocuit deci tabla silicioasă laminată la cald cu tabla texturată care la 10 000 gauss şi 50 Hz are pierderile specifice pînă la $P_{10} = 0{,}4$ W/kg, iar la 15 000 gauss şi 50 Hz $P_{15} = 1{,}1 - 1{,}22$ W/kg, faţă de $P_{10} = 0{,}84$ W/kg şi $P_{15} = 2{,}5$ W/kg la cea mai bună tolă laminată la cald [2, 7].

Oţelurile electrotehnice laminate la rece, texturate cu un conţinut de 2,5...3,5 procente siliciu [2, 7] au în direcţia de laminare proprietăţi magnetice mult mai bune decît tablele laminate la cald chiar cu un conţinut de siliciu de 4,0...4,8%.

În alte direcţii proprietăţile magnetice ale acestor oţeluri scad fiind mult sub valorile obţinute pentru tola laminată la cald. Astfel, pentru tabla M–6x la 15 000 gauss şi 50 Hz în direcţia de laminare pierderile sînt $P_{15} = 1{,}22$ W/kg iar puterea magnetizantă specifică este $P_s = 3$ VA/kg, la o abatere de 55° de la sensul de laminare, $P_{15} = 3{,}41$ W/kg (280%) şi $P_s = 102$ VA/kg (340%) la o abatere de 90°. $P_{15} = 3{,}57$ W/kg (293%) şi $P_s = 43$ VA/kg (143%) [9]. Se vede că pierderile specifice maxime sînt la o abatere a inducţiei de la direcţia de laminare de 90° iar puterea magnetizantă specifică este maximă la o abatere de 55°.

*) *C. Fugaru* este inginer principal metalurgist iar *Gh. Nistor* este cercetător la ICET.

Anizotropia proprietăţilor magnetice ale oţelului de transformator laminat la rece

Anizotropia rezultă ca o consecinţă a texturii cristalografice.

Direcţia axelor cristalografice în planul tolei este următoarea:

— muchia de cub (001) în direcţia de laminare;

— diagonala feţei (110) perpendiculară pe direcţia de laminare;

— diagonala spaţială (111) sub un unghi de 55° cu direcţia de laminare (fig. 1).

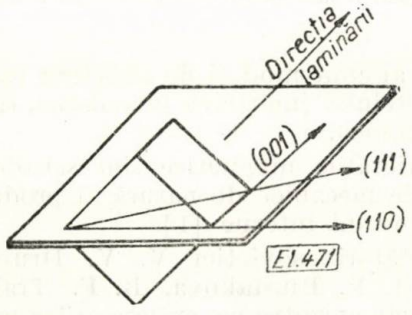


Fig. 1. Poziţia axelor cristalografice principale ale cristalelor oţelului laminat la rece în planul tablei.

Magnetizarea în direcţia muchiei de cub are loc cel mai uşor, această axă fiind numită axa de magnetizare uşoară. După diagonala feţei magnetizarea este mai grea, aceasta fiind axa de magnetizare mijlocie, iar diagonala spaţială este axa de magnetizare grea. Studiile făcute pe monocristale de ferosiliciu au arătat că şi permeabilitatea magnetică este deosebită după fiecare axă a cristalului. În cazul tolei laminate la rece, permeabilitatea va varia după cele două direcţii din planul tablei în funcţie de perfecţiunea texturii cristalografice a oţelului.

Textura cristalografică perfectă, care nu se poate obţine în practică este aceeaşi în care toate cristalele au orientarea în sensul de laminare. Dar şi în cazul texturii perfecte din punct de vedere cristalin, proprietăţile magnetice după diferite direcţii pot fi întrucîtva deosebite din cauza texturii magnetice diferite după cum este diferită gruparea domeniilor

de magnetizare spontană după cele trei muchii principale ale cristalului cubic. Gradul de anizotropie al proprietăților magnetice este legat

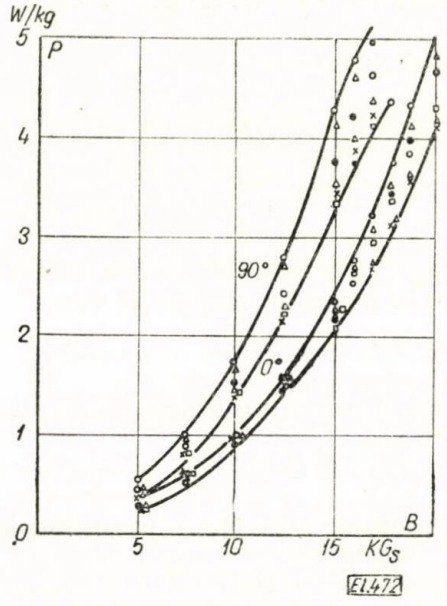


Fig. 2. Curbele P°(B) și P^{90} (B) la $f=50$ Hz pentru șase loturi de tablă de oțel E 330.

într-un anumit mod și de structura metalografică a oțelului (mărimea granulației, cantitatea incluziunilor).

Proprietățile magnetice sînt sensibile și la eforturile mecanice de natură să producă anumite tensiuni interne [1].

Cercetătorii sovietici V. V. Drujinin, R. Ianus, I. P. Burdakova, B. F. Trahtenberg au studiat anizotropia proprietăților magnetice ale tablelor de oțel E310, E320, E330.

Ei au analizat oscilațiile anizotropiei proprietăților magnetice pe diferite laturi de oțel. În figura 2 sînt arătate valorile pierderilor specifice P° și P^{90} în funcție de inducția magnetică pentru șase loturi de tablă de 0,5 mm. Din figura 2 rezultă că creșterea pierderilor cu inducția la eșantioane diferite nu este absolut identică. La loturile de oțel cercetate valorile P10 diferă cu 10% iar valorile P20 cu 20%.

Dacă se iau valorile medii ale pierderilor specifice [9] la toate probele pentru fiecare direcție, atunci curbele $P(B)$ pentru toate direcțiile pot fi construite într-o singură diagramă. S-a determinat [1] că pentru oțelul de 0,35 mm, curba $P(B)$ se află mai sus de curba $P°(B)$ cu 3—4% în timp ce pentru tabla de oțel de 0,5 mm practic coincid. Pentru direcțiile de 10...15° și în special de 30° curbele $P(B)$ sînt situate destul de mult deasupra curbei $P°(B)$. Curba pierderilor specifice cu inducția pentru direcțiile de 0—15° este aproximativ o conică. Aspectul curbelor pentru direcțiile de 55°—90° este oarecum diferit.

Cercetarea texturii [9] cristalografice la oțelul E 330 arată că în acesta nu există cristalite cu o orientare mult deosebită de cea arătată în figură [1].

La majoritatea cristalitelor, axa (001) situată în planul tablei nu deviază de la direcția de laminare cu mai mult de 10°.

Necesitatea tratamentului termic

Calitatea ștanțării tolei și metoda de debavurare pot influența pierderile în fier. Ștanțarea de calitate bună distruge structura cristalină pe o zonă mai mică și are ca rezultat bavuri mici.

Debavurarea trebuie făcută cu grijă deoarece stratul izolant fiind foarte subțire se poate deteriora. Izolația tolei este din carlit (izolant pe bază de ceramică), care rezistă la temperatură. Grosimea stratului izolant corespunde cu un coeficient de umplere care poate ajunge pînă la 98% [1, 9].

Datorită operației de ștanțare apare o zonă din care structura cristalină orientată este distrusă. Ca rezultat apar local pierderi suplimentare care pot ajunge la valori mari conducînd la o creștere a pierderilor totale din tablă pînă la 30%. Pentru a reface structura cristalină a zonei distruse este necesară o recoacere, după ștanțare. Tratarea termică a tablei silicioase după ștanțare elimină și tensiunile interne mecanice.

Tratarea termică a tablei silicioase se impune și din cauza îmbunătățirii unor proprietăți mecanice (structurale) ce vrem să le obținem, proprietăți care influențează caracteristicile magnetice ale materialului.

Tratarea în atmosferă normală este de multe ori neconvenabilă din mai multe motive: calitățile suprafețelor sînt schimbate (la oțel, o decarburare) iar dimensiunile sînt influențate prin înlăturarea oxidului.

Căile de tratare termică a tablei silicioase cu înlăturarea oxidării sînt următoarele:

— încălzirea în vacuum;
— încălzirea în baie topită;
— încălzirea într-o atmosferă în care oxidarea să fie împiedicată.

Atmosfera protectoare este necesară nu numai în timpul tratării ci și în timpul răcirii pînă la temperatura mediului.

În tabela 1 se arată gazele de protecție folosite în mod curent azi.

La amestecurile de gaze, comportarea nu este determinată numai de prezența vreunei componente a gazului ci și de echilibrul componentelor între ele și față de materialul tratat. De aceea este evident că din punct de vedere tehnic gazele simple ca H_2 și N_2 sau amestecul acestor două gaze este cel mai favorabil întrucît comportarea lor față de materiale este cunoscută. Azotul pur are dezavantajul că este

neutru aşa că folosirea sa exclude o recoacere reducătoare. În cazul amestecului $H_2 + N_2$ se presupun în orice caz cuptoare etanşe care exclud cuptoare continue. H_2 şi N_2 sînt scumpe cu un conţinut de H_2 de 30—40%. Vaporii de apă produşi la ardere deranjează la folosirea tehnică a gazului de protecţie. Vaporii de apă pot fi eliminaţi, prin răcire simplă a

Tabela 1

Gaze de protecţie

Gazul	Compoziţia	Impurităţi	Proveniența gazului
Hidrogen H_2	82—100% H_2	H_2 H_2O, O_2, CH_4 CO_2	a) în butelii b) electroliza apei c) prepararea hidrocarburilor
Azot N_2	99—100%	O_2 H_2O, H_2	a) în butelii b) arderea parţială c) amoniac
Amestecuri de azot şi hidrogen a) gaz din cracarea amoniacului	75% H_2 + 25% N_2	H_2O	a) cracarea amoniacului
b) gaz din arderea amoniacului	97—60% N_2	H_2O, O_2	b) arderea parţială a amoniacului
c) gaz din arderea gazului aerian	97—85% N_2 3—15% H_2	H_2O, CO, CO_2 H_2S, CH_4	arderea parţială a gazului aerian şi similare
Amestecuri de N_2, H_2 şi oxizi de carbon			
a) exogaz	3—25% H_2 3—14% CO 10—3% CO_2 rest N_2	H_2O, CH_4 H_2S, CS_2	arderea parţială a gazului aerian sau feruginos, gazului de cocserie, metalului şi similare
b) endogaz	50—32 H_2 20—18 CO rest N_2	H_2O, CO_2 CH_4, H_2 CS_2	idem
Vapori de apă	100% H_2O		vaporizarea în cuptor a umezelii de pe materialul recopt; numai pentru Cu

Tabela 2

Comportarea diferitelor gaze de protecţie faţă de materialul recopt

Gazul	Fier					Neferoase		
	neutru	oxidant	reducător	carburant	decarburant	neutru	oxidant	reducător
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hidrogen			×					×
Azot N_2	×							
Oxigen O_2		×				×		
Oxid de carbon CO			×	×			×	×
CO_2		×			×		×	
CH_4			×	×				×
H_2O		×			×		×	
$H_2 + N_2$			×					×
$H_2+N_2+H_2O$		×	sau ×		×			×
$N_2+H_2+N_2O$ +CO+CO_2		×	×		×			×
H_2+N_2+CO			×	×				×

aşa că din punct de vedere economic folosirea lor este posibilă numai la cuptoarele etanşe.

Prin arderea parţială a gazului de cracare din NH_3 se obţine un amestec de gaze a cărui compoziţie depinde de gradul arderii care poate fi condusă astfel încît să se producă un gaz gazului de ardere cu apă rece sau printr-o uscare suplimentară, prin absorbţie, sau prin orice alt mijloc.

Ca impuritate apare întotdeauna oxigenul care la un amestec de gaze cu mai puţin de 5% H_2 este favorabil amestecului explosiv.

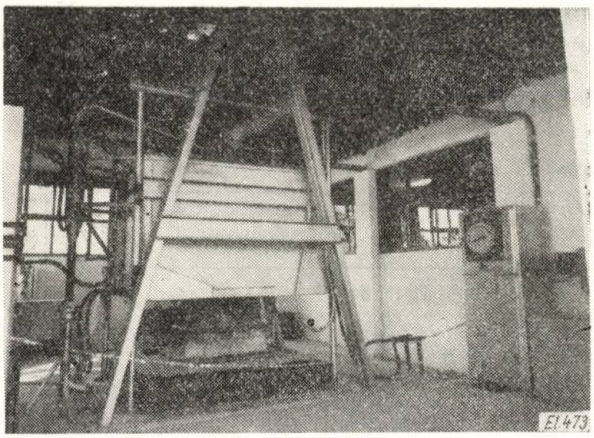


Fig. 3. Vedere de ansamblu a cuptorului de tratat tolă laminată în atmosferă protectoare ($N_2 + H_2$).

Oxidul şi bioxidul de carbon pot fi dăunători căci, ca şi vaporii de apă, decarburează oţelul cu un conţinut mai ridicat de carbon.

Pentru tratarea termică a tolelor în atmosferă reducătoare ($H_2 + N_2$) se pot folosi două tipuri de cuptoare: cuptoare clopot şi cuptoare tunel cu flux continuu.

Cuptoarele clopot sînt sigure, adică prezintă un pericol de explozie mic, sînt economice din punct de vedere al consumului de gaze, dar au dezavantajul esenţial al discontinuităţii tratării. Cele mai moderne soluţii sînt acelea ale cuptoarelor de tratament termic cu funcţionare continuă sau fără atmosferă protectoare la care se poate efectua tratamentul de recoacere pînă la o temperatură de 900°C a benzilor din tablă pînă la 600 mm lăţime, productivitatea fiind de 200...250 kg laminate pe oră [1, 2, 9].

Prin tratament termic se poate face şi debavurarea prin ardere [3, 8].

Din cercetările efectuate rezultatele cele mai bune au fost obţinute în cazul unui regim de tratare care impune următoarele:

— tratamentul termic să fie făcut în atmosfera reducătoare ($N_2 + H_2$) 90...95% N_2, 5...10% H_2 într-un cuptor electric de tip clopot cu dimensiunile spaţiului util de circa 800 × 5 × 800 mm;

— temperatura maximă 1 000°C;

— circulaţia gazelor prin termosifon;

— suprapresiunea 0,1 atm.

Cuptorul tip clopot (fig. 3) a fost executat după un proiect tehnic al Institutului de proiectări chimice.

Etanşarea cuptorului s-a făcut prin aşezarea clopotului pe garnituri de cauciuc care înconjoară vatra.

Suprafaţa de contact între talpa clopotului şi garnitura de cauciuc este răcită cu ajutorul apei care circulă prin interiorul ramei de bază a clopotului. În interiorul cuptorului pe cărămizi refractare special fasonate sînt aşezate rezistenţele de crom-nichel. Termocuplul aparatului de măsurare-înregistrare este aşezat la partea superioară a cuptorului. Tot la partea superioară sînt sudate două prize pentru recircularea gazului. Prizele sînt unite într-un colector care conduce gazul în schimbătorul de căldură solidarizat cu clopotul cuptorului. Rolul schimbătorului de căldură este de a asigura recircularea gazului din cuptor, pentru păstrarea unui amestec omogen, prin circulaţia provocată de efectul de termosifon al schimbătorului de căldură. Lipsa recirculării gazului ar atrage separarea celor două elemente N_2 şi H_2 care formează atmosfera protectoare, respectiv concentrarea hidrogenului de partea superioară a clopotului datorită diferenţei de greutate specifică a hidrogenului faţă de azot.

Reglajul temperaturii se face după sistemul tot sau nimic, adică rezistenţa de încălzire este deconectată de la reţea cînd se ajunge la limita superioară a domeniului de temperatură fixat şi este din nou conectată la reţea cînd acul indicatorului atinge limita inferioară.

Instalaţia de purificare a gazelor

Ca să avem o atmosferă neutră-reducătoare a cuptorului am folosit hidrogen şi azot purificat.

Pentru o cît mai bună funcţionare a instalaţiei este necesar să se cunoască analiza chimică a gazelor, modul de uscare a gazelor, purificarea de oxigen şi procedeul de amestec al gazelor.

Uscarea gazelor s-a făcut prin trecerea gazului prin recipienţi metalici încărcaţi cu silicagel granulat cu indicator.

Purificarea gazelor de oxigen se efectuează pe şpan de cupru încălzit 250°C...300°C iar amestecarea gazelor se face într-un recipient înainte de a intra în cuptor. În cadrul cercetărilor noastre am folosit schema de alimentare şi purificare a gazelor N_2 şi H_2 arătată în figurile 4 şi 5.

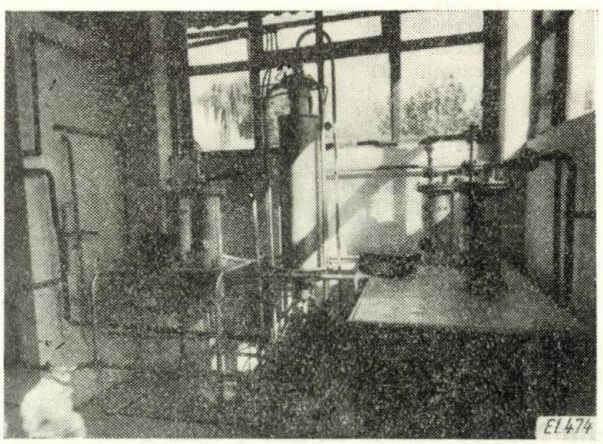


Fig. 4. Instalaţia de purificare şi amestec a H_2 şi N_2.

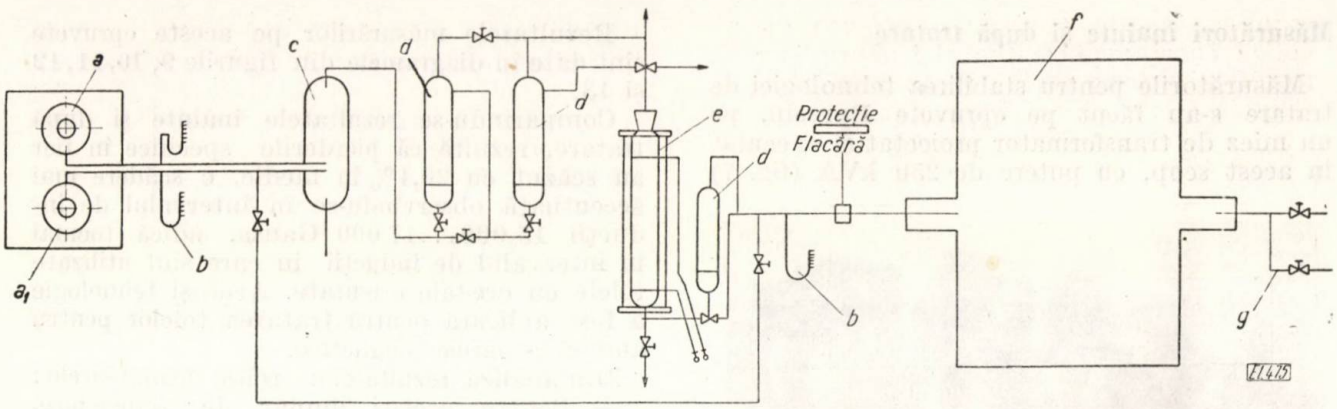


Fig. 5. Schema instalației de alimentare cu gaze a cuptorului de tratat tabla silicioasă :
a – sursă de gaz H_2 ; a_1 – sursă de gaz N_2 ; b – flawmetru ; c – vas de amestec și desprăfuire ; d – silicagel ; e – purificator de oxigen ; f – cuptor ; g – robineți de purjare și control analiză O_2.

În figura 6 se arată boxa cu sursa de gaze care este izolată de spațiul în care funcționează cuptorul din motive de securitate.

Pentru asigurarea unei continuități a alimentării cu gaze protectoare în timpul tratamentului sînt prevăzute cuplaje de cîte două butelii azot și două butelii hidrogen. Tot în boxa buteliilor sînt prevăzute și rotametrele pentru hidrogen și azot cu care măsurăm litri/oră de gaze trimise în spațiul de lucru al cuptorului.

Punerea în funcțiune a cuptorului

Pentru punerea în funcțiune a cuptorului sînt necesare următoarele operații :

— se stivuesc tolele pe vatră ;

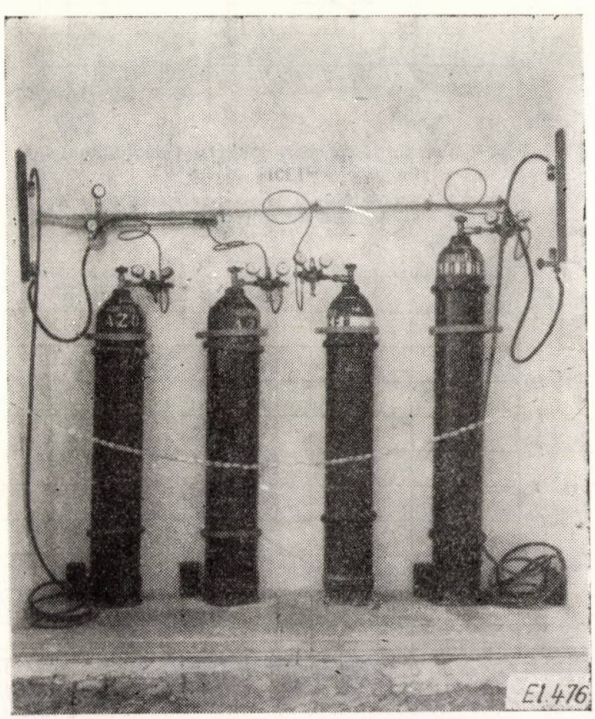


Fig. 6. Sursa de gaze N_2+H_2 : recipienți, regulatoare și rotametre pentru H_2 și N_2.

— se lasă clopotul pe vatră pentru etanșarea cuptorului ;

— se dă drumul la azot întîi pentru a fi purificat timp de 15 minute pentru spălare ;

— se trece azotul prin purificator, continuîndu-se spălarea timp de 15 minute ;

— se dă drumul hidrogenului în purificator ;

— se dozează azotul și hidrogenul în raport de 90...95% N_2 și 5...10% H_2 în volume ;

— se dă drumul la încălzire.

Tehnologia tratării tablei ARMCO M-6 x

Pentru tola M-6 x pe care o avem la dispoziție, se recomandă următorul tratament termic în catalog [20] :

— Temperatura de tratare 770...815°C.

— Atmosfera din cuptor 90...95% N_2 5... ...10 H_2.

— Curba de încălzire în limitele 450... ...815°C trebuie să se suprapună cu ± 15°C peste curba de răcire în aceleași limite.

După mai multe încercări s-a stabilit următorul mod de tratare :

— Se încălzește încărcătura pînă la o temperatură de 790°C.

— Se menține temperatura la această valoare în funcție de lățimea și înălțimea pachetului de tole timp de 1...3 ore.

— Răcirea cuptorului se face cu aproximație după curba de încălzire, pînă la 400... ...450°C după care se lasă să se răcească încărcătura o dată cu cuptorul. În tot acest interval se menține atmosfera protectoare și reducătoare din cuptor.

— Durata unui ciclu de tratare este de 18... 20 ore.

Rezultatele tratamentului se dau în cele ce urmează. Din măsurători a reieșit că procesul tehnologic de tratare a dat rezultate și poate fi aplicat pentru tratarea termică a tolei ARMCO M-6 x.

Măsurători înainte și după tratare

Măsurătorile pentru stabilirea tehnologiei de tratare s-au făcut pe epruvete Epstein, pe un miez de transformator proiectat și executat în acest scop, cu putere de 250 kVA (fig. 7)

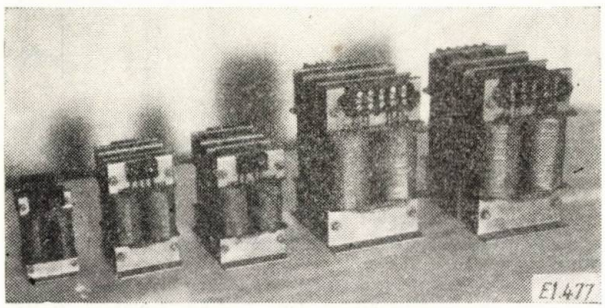


Fig. 7. Amplificatoare magnetice cu tolă laminată la rece tratată, realizată de un colectiv ICET (tratamentul termic e făcut de către autori).

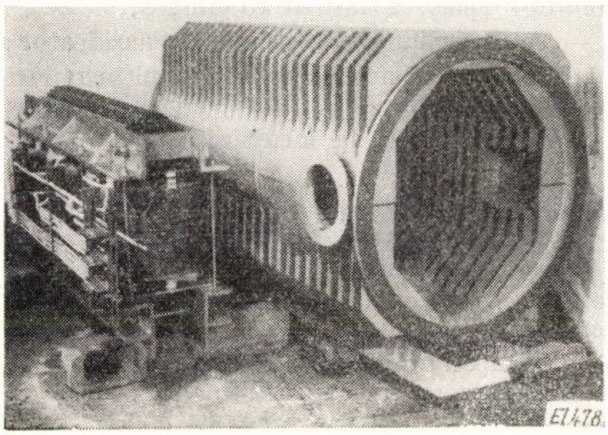


Fig. 8. Transformator antideflagrant cu miez din tole laminate la rece tratate termic după ștanțare.

și pentru tole de amplificatoare magnetice (fig. 8) din seria unitară calculată și realizată la Institutul de cercetări electrotehnice. Ultinele măsurători care s-au considerat bune în sensul că procesul tehnologic de recoacere a fost stabilit sînt următoarele.

Măsurători pe epruvete Epstein proba 1

Recoacerea tolelor s-a făcut în următoarele condiții:

— S-a ridicat temperatura cu o viteză de creștere de 40°C pe oră în medie aceasta fiind viteza de creștere a temperaturii pentru cuptorul construit de noi.

— S-a stabilit palierul de la 780°C care a fost menținut timp de 2 ore.

S-a scăzut temperatura pînă la 450°C după o curbă similară cu curba de creștere a temperaturii cu abateri de ± 25°C.

Rezultatele măsurărilor pe aceste epruvete sînt date în diagramele din figurile 9, 10, 11, 12 și 13.

Comparîndu-se rezultatele înainte și după tratare, rezultă că pierderile specifice în fier au scăzut cu 20,4% în medie, o scădere mai accentuată observîndu-se în intervalul de inducții 15 000...17 000 Gauss, adică tocmai în intervalul de inducții în care sînt utilizate tolele cu cristale orientate. Aceeași tehnologie a fost aplicată pentru tratarea tolelor pentru amplificatoarele magnetice.

Din analiza rezultatelor reies următoarele:

— Pentru același număr de amperspire, inducția crește în medie cu aproximativ 6%, creșteri mai importante ale inducției observîndu-se pentru 0,4 As/cm de la 13 200 la 14 000 Gauss, apoi cu 5,9% pentru 0,5 As/cm de la 14 400 la 15 200, iar cu 5,5% pentru 0,25 As/cm de la 9 900 la 10 900.

— Pentru aceeași inducție scade numărul de amperspire/cm necesar magnetizării fierului. Pentru 10 000 Gauss de la 0,255 pînă la 0,22

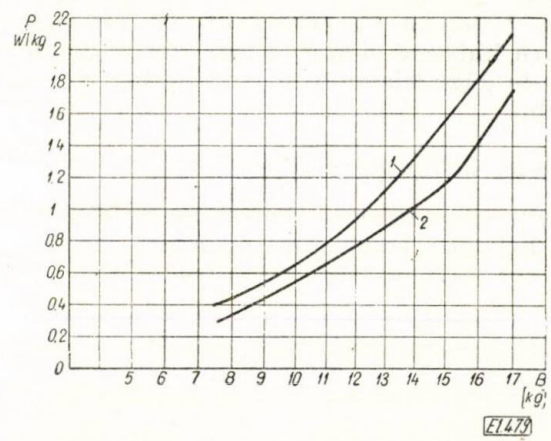


Fig. 9. Pierderile specifice pentru tole laminate la rece ARMCO M–6 x.

Proba 1: *1* – tolă laminată la rece netratată; *2* – tolă laminată la rece tratată.

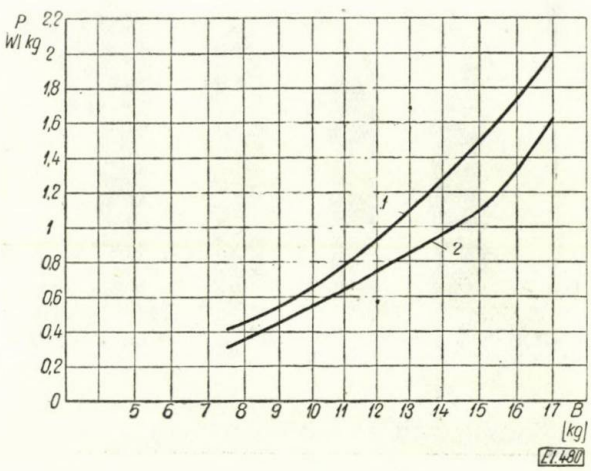


Fig. 10. Pierderile specifice pentru tola laminată la rece ARMCO M–6 x.

Proba 2: *1* – tolă laminată la rece netratată; *2* – tolă laminată la rece tratată

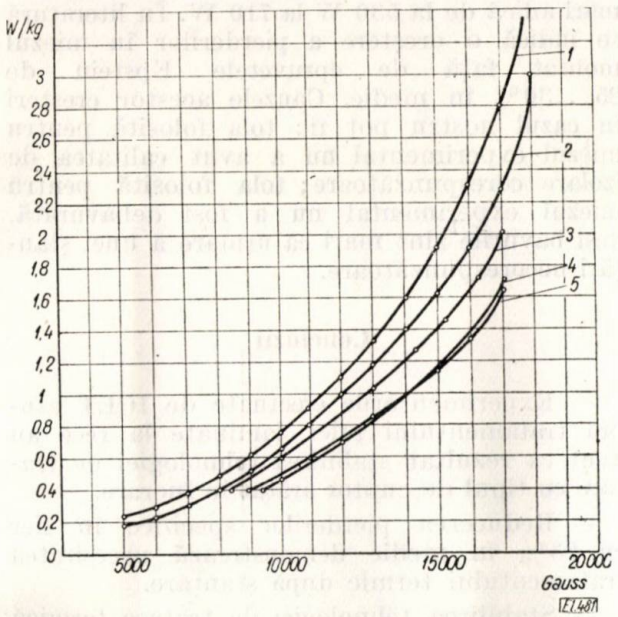


Fig. 11. Variația pierderilor în funcție de inducție pe un miez de transformator 250 kVA din tolă laminată la rece: *1* – tolă netratată; *2* – tolă tratată; *3* – epruvete Epstein tolă netratată; *4* – epruvetă Epstein tolă tratată; *5* – epruvete Epstein tolă tratată dată de fabricant.

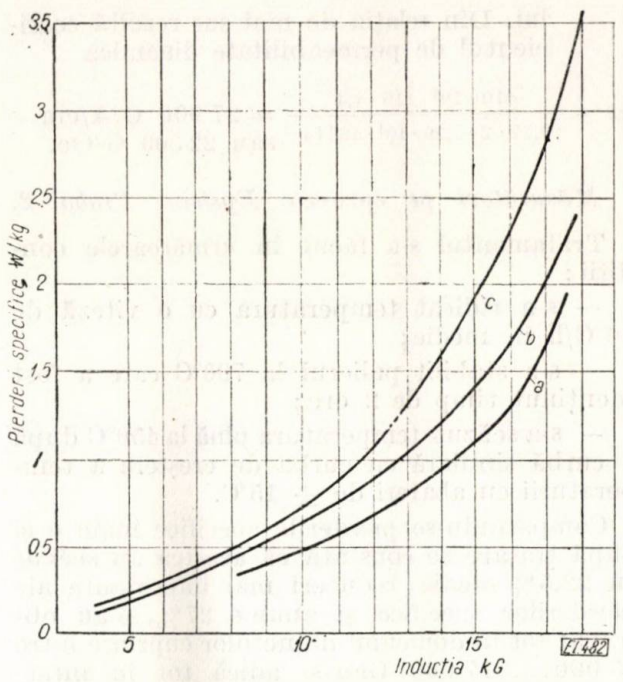


Fig. 12. Variația pierderilor în funcție de inducție: *a* – curba dată de fabricant pentru tabla ARMCO M–6x tratată; *b* – curba ridicată pe epruvete Epstein netratate la aceeași tablă; *c* – curba ridicată pe un miez de transformator 250 kVA cu tole netratate din aceeași tablă.

adică cu 14 %, pentru 12 000 Gauss, de la 0,29 pînă la 0,34 adică cu 15 % pentru 14 000 Gauss de la 0,46 pînă la 0,4, adică cu 13 %, pentru 15 000 Gauss, de la 0,56 pînă la 0,48, adică cu 14,5 % pentru 16 000 Gauss, de la 0,715 pînă la 0,61, adică cu 14,5 %. În medie scăderea este de 14 %.

Înainte de tratare s-a încercat să se determine coeficientul de permeabilitate dinamică, însă dispersia măsurătorilor nu a permis acest lucru. După tratare dispersia a dispărut și s-a putut determina coeficientul de permeabilitate dinamică din formula:

$$Rwi = \frac{N_a I_a}{N_c I_c} = \gamma \frac{2N_a^2 S_{Fe} W \cdot 10^{-8}}{l_{Fe} S_{Fe}}$$

unde:

γ = 0,39 — un coeficient de calcul;
L_{Fe} = 116 cm, lungimea circuitului magnetic;
S_{Fe} = 61 cm² în care $s_u = k_{Fe}$; k_{Fe} coeficientul de umplere cu valoarea 0,95;
w = $2\pi f$ — frecvența f = 50 Hz;
N_a = 230 numărul de spire al înfășurării de curent alternativ;
N_c = 28 numărul de spire al înfășurării de curent continuu;
$\frac{I_a}{I_c}$ = 500 — raportul curenților care circulă prin înfășurarea de curent alternativ, respectiv curent continuu;
$R_2 = R_s + R_{inf} + R_{redresor} = 4{,}4\ \Omega$ unde $R_s = 4{,}3\ \Omega$ rezistența de sarcină, $R_{inf} = 0{,}6\ \Omega$ rezistența înfășurărilor de curent alternativ și $R_{redresor} = 0{,}011\ \Omega$ rezistența redresoru-

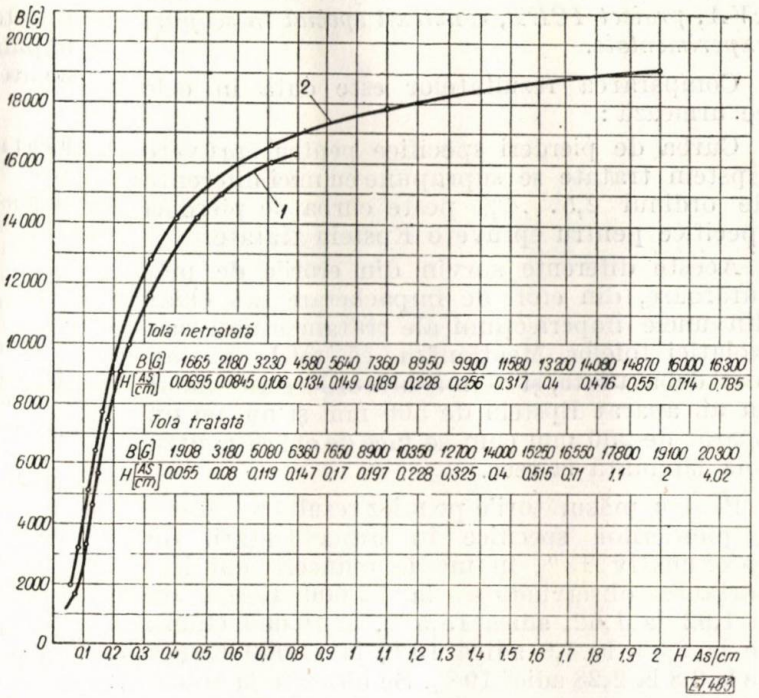


Fig. 13. Curba de magnetizare în valori medii a miezului amplificatorului magnetic înainte și după tratarea termică: *1* – tola netratată; *2* – tola tratată.

lui. Din relaţia de mai sus rezultă coeficientul de permeabilitate dinamică

$$\mu = \frac{410 \cdot 10^8 \cdot 116 \cdot 4{,}4}{0{,}39 \cdot 2 \cdot 5{,}29 \cdot 10^4 \cdot 58314} = 27\,900 \text{ G/A/cm}$$
sau 22 300 G/Oe.

Măsurători pe epruvete Epstein. Proba 2.

Tratamentul s-a făcut în următoarele condiţii:

— s-a ridicat temperatura cu o viteză de 40°C/h în medie;

— s-a stabilit palierul la 790°C care a fost menţinut timp de 2 ore;

— s-a scăzut temperatura pînă la 450°C după o curbă similară cu curba de creştere a temperaturii cu abateri de ± 15°C.

Comparîndu-se pierderile specifice înainte şi după tratare se constată că acestea au scăzut cu 22,5% medie; reduceri mai importante ale pierderilor specifice, şi anume 27%, s-au observat tot în domeniul inducţiilor cuprinse între 15 000....17 000 Gauss, adică tot în intervalul de inducţii uzuale pentru tola laminată la rece.

Măsurători pe epruvete Epstein proba 3 şi pentru tola miezului de transformator de 250 kVA, proiect ICET, construit special în scopuri experimentale.

Compararea rezultatelor este dată în cele ce urmează:

Curba de pierderi specifice pentru epruvete Epstein tratate se suprapune cu mici diferenţe de ordinul 2,5...4% peste curba de pierderi specifice pentru epruvete Epstein tratate.

Aceste diferenţe survin din erorile de măsurătoare, din erori de împachetare sau chiar din unele imperfecţiuni ale tratamentului sau izolaţiei tolelor. Menţionăm că tolele nu au fost debavurate, şi că măsurătorile s-au făcut cu un aparat Epstein de 500 mm şi nu pe un aparat de 250 mm cum se face de obicei pentru tola laminată la rece.

Pentru măsurătorile pe miez rezultă o scădere a pierderilor specifice în urma tratării de aproximativ 13% în medie, reduceri mai importante observîndu-se la 15 000 Gauss de la 1,92 la 1,62, adică 15,5%, la 16 000 Gauss de la 2,32 la 1,9 adică 18% la 17 000 Gauss de la 2,8 la 2,28 adică 19%. Se observă la tolele tratate o creştere în medie cu 37,5%, creşterea fiind mai accentuată pentru inducţii: la 17 000 Gauss de la 2,28 la 1,7 34%, la 16 000 Gauss de la 1,9 la 1,38, adică 37% la 15 000 Gauss de la 1,62 la 1,16, adică 40%, la 14 000 Gauss de la 1,4 la 1 adică 40%. Pierderile totale pentru miezul de 250 kVA la inducţia nominală de 17 000 Gauss sînt $P_{Fe} = 710$ W, la miezul tratat faţă de $P_{Fe} = 885$ W la miezul netratat, rezultă o reducere de 19%. În comparaţie cu epruvetele Epstein se observă o creştere a pierderilor în miezul montat la inducţia nominală cu 34% mai mari adică de la 530 W la 710 W. În literatură se indică o creştere a pierderilor în miezul montat faţă de epruvetele Epstein de 25...30% în medie. Cauzele acestor creşteri în cazul nostru pot fi: tola folosită pentru miezul experimental nu a avut calitatea de izolare corespunzătoare; tola folosită pentru miezul experimental nu a fost debavurată, deşi bavurile sînt mari ca urmare a unei ştanţări necorespunzătoare.

Concluzii

— Experimentările efectuate de ICET asupra tratamentului tolei laminate la rece au avut ca rezultat stabilirea tehnologiei de tratare cu tipul de cuptor arătat în lucrare.

— Reducerea pierderilor specifice în fier cu 23% în medie demonstrează necesitatea tratamentului termic după ştanţare.

— Stabilirea tehnologiei de tratare termică face posibilă utilizarea la maximum a proprietăţilor magnetice superioare ale tolei laminate la rece.

— Utilizarea tolei laminate la rece, tratată termic, în construcţia miezurilor magnetice impune a se aplica din ce în ce mai mult tratamentele termice corespunzătoare.

Bibliografie

[1] *Brechna, H.* Considération sur la construction actuelle du corps magnétique des transformateurs. În: Bull. Oerlikon 1957, 324, oct. 70—72.

[2] *Granik, G. A., Samarin, A. M.* Influenţa unor impurităţi asupra oţelului de transformator. În: Ed. Acad. R.P.R. Metale şi aliaje cu proprietăţi magnetice speciale. S.T. 54—58.

[3] *Geyhard, S.* Schutzgase, ihre Erzeugung und Anwendung. In: AEG Mitt., **47**, 1957, 1/2 71—79.

[4] *Tawlew, K.* Schutzgasluftanlagen. În: Electrowärme, 8, 1938, 7, 190—192.

[5] *Weilbrecht, W.* Widerstandsofen. In: ETZ B 8, 1956, 2,61—66.

[6] Continuous Stress-Relief of Transformers Laminations, Iron an Steel, **30**, 1957, nr. 13, nov., 595—596.

[7] *Rassmann, G.* Eigenschaften und Technologie kaltgewälzter Transformatorenbleche. In: Deutsche Elektrotechnik **13**, 1959, 3, 79—83.

[8] *Perrin, M. G.* Les nouvelles tôles magnétiques à cristaux orientés. In: Extrait R.E.M. nr. 102, nov, 1955.

[9] *Drujinin, V. V.* Despre anizotropia proprietăţilor magnetice ale oţelului de transformator laminat la rece. În: Vestnik Elektropromîşlennosti, 1957, 12, 20—24.

[10] *Weigell, K.* Konstruktive Massnahmen bei der Einführung der kaltgewaltzten Bleche. In: Deutsche Elektrotechnik, **13**, 1959, 3, 84—86.

[11] *Jenkins, D. B.* Kornorientierte Stähle für die Elektrotechnik. În: Archiv für Energiewirtschaft, **13**, 1959, 509—516; 11, 1959, 436—447; 12, 1959, 484—494.

[12] *Brechna, H.* Neue Tendenzen im Bau von Transformatorenkernen. In : Bull. Oerlikon 1958, 326, 6—14.

[13] *Meyerhans, A.* Transformateurs et bobines d'extension à tôles radiales.
In : Rev. Brown-Boweri, **43**, 1956, 6, 187—205.

[14] *Goldstein, A.* Neue Wege im Bau von Transformatorenkernen.
In : ETZ A **81** 1960, 2, 53—59.

[15] *Kubrycht J.* Contactul sub un unghi de 45° la tolele de transformator cu cristale orientate.
In : Electrotechn. Obzor **48**, 1959, nr. 2 febr. 108—109.

[16] *Neigeli, K.* Măsuri constructive pentru folosirea tolelor laminate la rece.
In : Deutsche Elektrotechnik, **13**, 1959, nr. 3, martie 84—85.

Intrat în redacție la 31. 3. 1962.

Legi de durată de viață a materialelor electroizolante

Ch. Popescu, V. Raicu și C. Lefter* — București

CZ 621.315.61.004.64

Problema duratei de viață a mașinilor electrice, care a preocupat pe electrotehnicieni încă de la începuturile industriei electrotehnice, se reduce în fond la problema duratei de viață a materialelor electroizolante utilizate în construcția mașinilor. Factorul hotărîtor de îmbătrînire a izolației este temperatura.

Legătura dintre durata de viață și temperatură a fost dedusă pe baze empirice de către Montsinger, relație care a reprezentat prima lege de durată de viață a materialelor electroizolante în funcție de temperatură. Mai tîrziu, mai mulți cercetători : Büssing în Germania, Th. W. Dakin în S.U.A. și Kalitvianski în U.R.S.S. au dedus, din considerente teoretice, o nouă lege de durată de viață, care stă și azi la baza încercărilor funcționale care se execută asupra materialelor și sistemelor de materiale electroizolante pentru determinarea duratei lor de viață la o temperatură anumită.

Problema duratei de viață a mașinilor electrice, care a preocupat pe electrotehnicieni încă de la începuturile industriei electrotehnice, este reactualizată în ziua de azi în legătură cu utilizarea, în construcția mașinilor electrice, de tot mai multe materiale electroizolante [1].

Încă din 1900, G. Dettmar, în Germania, atrage atenția asupra necesității stabilirii de norme pentru determinarea puterii, încălzirii și randamentului mașinilor electrice [2] și își pune întrebarea : cît timp poate dezvolta o mașină puterea care i se garantează.

Pe baza experienței acumulate în legătură cu mașinile electrice în exploatare se precizează că *durata de viață normală* a unei mașini — adică timpul de funcționare în condiții normale de exploatare — se consideră de cel puțin 15 ani și chiar 20—25 de ani , durata de 20 de ani fiind considerată admisibilă și în ziua de azi.

Este de la sine înțeles că problema duratei de viață este în bună parte o problemă economică. Pentru tipuri speciale de mașini și aparate, durata economică este mult mai mică de 20 de ani. De asemenea, trebuie ținut seama și de uzura morală a mașinii.

Deoarece, dintre diferitele materiale care intră în construcția mașinilor electrice, rolul hotărîtor în ce privește durata de viață a acestora îl joacă materialele electroizolante, problema duratei de viață a mașinilor a fost transformată de cercetători în problema duratei de viață a acestor materiale.

Pînă acum 10—15 ani, s-a studiat durata de viață a materialelor electroizolante ca atare, singurul factor de îmbătrînire considerat fiind temperatura. S-a trecut apoi la încercări „funcționale", îmbătrînirea materialelor și a sistemelor de materiale fiind studiată de data aceasta nu numai în funcție de temperatură, ci și de alți factori : umiditate, vibrații, cîmp electric, care acționează în exploatare asupra materialelor electroizolante. Încercările funcționale se execută asupra unor „modele", precum și asupra unor mașini întregi echipate cu sistemele de izolație de studiat.

În general, în condiții normale de funcționare a mașinilor electrice, influența temperaturii asupra proprietăților materialelor izolante este mult preponderentă. Pentru ca mașina să aibă o anumită durată de viață, se impune deci o anumită temperatură maximă de funcționare.

Materialele electroizolante sînt caracterizate între altele prin *stabilitatea lor termică*, înțelegîndu-se prin aceasta capacitatea materialului de a-și păstra proprietățile în anumite limite și în anumite condiții de funcționare, adică de a-și îndeplini funcția sub acțiunea temperaturii de serviciu, un timp îndelungat (durata de viață a materialului), cel puțin egal cu durata de viață cerută pentru mașina sau aparatul la construcția căruia se folosește. Stabilitatea termică este exprimată prin *temperatura maximă* la care poate funcționa materialul îndeplinind condițiile menționate.

A. Legi de durată de viață a materialelor electroizolante determinate experimental

Unele dintre primele încercări de durată de viață a materialelor electroizolante sînt cele executate de către Dettmar [2] în 1900, asupra

*) Ing. *Ch. Popescu* este conferențiar iar ing. *V. Raicu* și ing. *C. Lefter*, asistenți la Institutul Politehnic București.

conductoarelor izolate cu bumbac și hîrtie utilizate în acea vreme pentru înfășurările mașinilor electrice. Criteriul de îmbătrînire considerat a fost aspectul prezentat de mostre în timpul și la sfîrșitul încercării, deducîndu-se că conductoarele încercate pot funcționa un timp îndelungat în bune condițiuni la 95°C.

Prin 1905 se execută în Anglia, de către Rayner, la National Physical Laboratory (Londra), primele încercări metodice de laborator asupra aceleiași categorii de conductoare. De data aceasta se studiază influența temperaturii asupra tensiunii de străpungere, rezistenței de izolație, rezistenței mecanice și fragilității materialelor, determinîndu-se ca temperatură maximă admisibilă în acest caz 100—110°C.

În Franța, în urma încercărilor executate în 1909—1913 asupra izolației de bumbac se recomandă ca temperatură admisibilă pentru acest material tot 95°C la funcționare de lungă durată.

Pe baza încercărilor executate în diferite țări precum și a datelor furnizate de mașinile electrice în exploatare, se formează noțiunea de *clasă de izolație*. Într-o clasă de izolație se grupează materiale cu aceeași stabilitate termică. În 1912 în normele VDE* 0530 [3] se împart materialele în mai multe clase de izolație, așa cum este indicat și în publicația nr. 34 a Comisiei Electrotehnice Internaționale [4] apărută abia în 1927 și care, cu diverse revizuiri, a rămas valabilă pînă în 1957, cînd apare publicația CEI nr. 85 [5].

Clasele de izolație recunoscute în prezent sînt, după cum se știe, clasele Y, A, E,B, F, H și C cu temperaturile admisibile respectiv de 90°C, 105°C, 120°C, 130°C, 155°C, 180°C și peste 180°C.

Înțelegîndu-se prin *durata de viață a unui material electroizolant* timpul după care, sub influența temperaturii, o anumită caracteristică a sa (de exemplu mecanică sau electrică) atinge o valoare care îl face inapt folosirii în mașinile sau aparatele electrice, apare, prin 1913 [6], noțiunea de *lege a duratei de viață a materialului*, aceasta reprezentînd legătura dintre durata de viață și temperatura de funcționare a materialului.

Primul cercetător care stabilește o lege empirică a duratei de viață a materialelor electroizolante exprimată matematic este Montsinger în 1930 [7]. Acest autor arată că, contrar părerilor răspîndite în acea vreme, îmbătrînirea izolației are loc la orice temperatură, fiind doar mai accentuată la temperaturi mai ridicate. Ca și alți cercetători dinaintea sa, Montsinger adoptă ca criteriu de îmbătrînire a materialelor electroizolante scăderea proprietăților mecanice, și anume, a rezistenței la întindere. Încercările sale se referă la țesături lăcuite supuse la temperaturi de 80°C—110°C în aer și în ulei, timp de 68 săptămîni, cărora li s-a determinat rezistența la întindere după anumite intervale de timp. Cu datele obținute trasează curbele din figura 1,

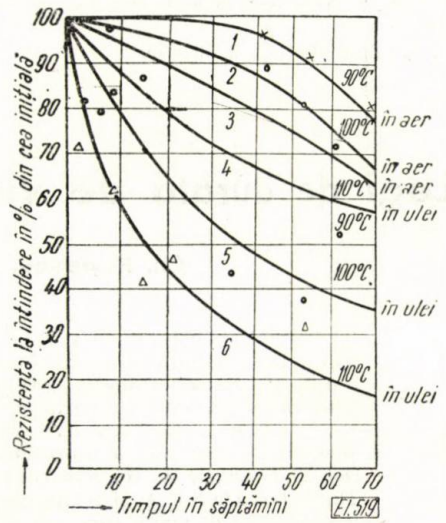


Fig. 1. Curbe de îmbătrînire în aer și ulei pentru țesături lăcuite, ridicate de Montsinger.

din care deduce curbele din figura 2, acestea reprezentînd timpul — trasat la scară logaritmică — pînă la care rezistența la întindere a materialului scade la 90—80—70—60% din valoarea inițială, sub efectul temperaturii, adică curbele duratei de viață pentru țesăturile lăcuite, în condițiile încercării. Montsinger consideră și încercările executate de Bush în 1913 la MIT* relative la îmbătrînirea hîrtiei de cablu în ulei și constată concordanță între rezultatele obținute de acest cercetător și cele obținute de el.

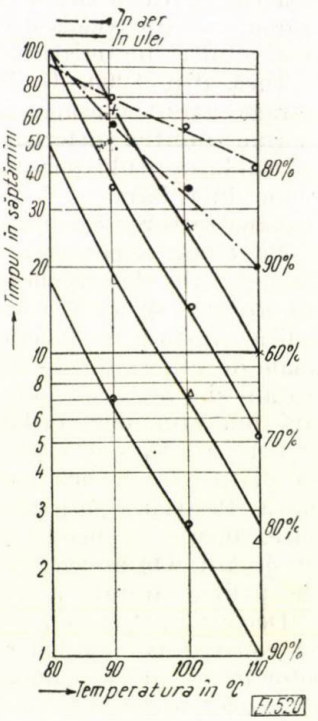


Fig. 2. Curbe de durată de viață pentru țesături lăcuite trasate de Montsinger pe baza curbelor din figura 1.

Pe baza curbelor de felul celor din figura 2 Montsinger deduce pentru legea duratei de viață τ a materialelor electroizolante de clasa A, relația

$$\tau = Be^{-m\vartheta} \qquad (1)$$

* Verein Deutscher Elektrotechniker (Uniunea electrotehnicienilor germani).

* Massachusetts Institute of Technology.

în care B și m sînt constante de material și t temperatura în °C.

Relația (1) se poate scrie sub forma

$$\ln \tau = a - mt \qquad (1\ a)$$

care reprezintă o dreaptă în sistemul de coordonate semilogaritmice utilizat în figura 2.

Pentru diferența de temperatură Δt care conduce la schimbarea duratei de viață în raportul λ, se obține din relația (1 a) scrisă pentru două temperaturi

$$\ln \frac{\tau_1}{\tau_2} = \ln \lambda = - m(t_1 - t_2) = - m \Delta t$$

sau

$$\Delta t = - \frac{1}{m} \ln \lambda.$$

Pe de altă parte, pentru $\lambda = \frac{1}{2}$ corespunzător înjumătățirii duratei de viață, respectiv $\lambda = 2$ corespunzător dublării duratei de viață, măsurările lui Montsinger au dat $\Delta t \cong \pm 8$°C, rezultat cunoscut sub numele de *legea celor opt grade*.

Cunoscînd pe Δt se poate deduce panta m a dreptei

$$m = \frac{\ln \lambda}{\Delta t} = 0{,}088/°C,$$

valoare considerată de Montsinger constantă pentru toate dreptele din figura 2.

Pentru ca relația (1 a) să fie complet determinată trebuie cunoscută și constanta a. Determinînd experimental un punct al curbei, adică durata de viață τ_0 la o anumită temperatură t_0, m fiind cunoscut, se poate determina constanta a.

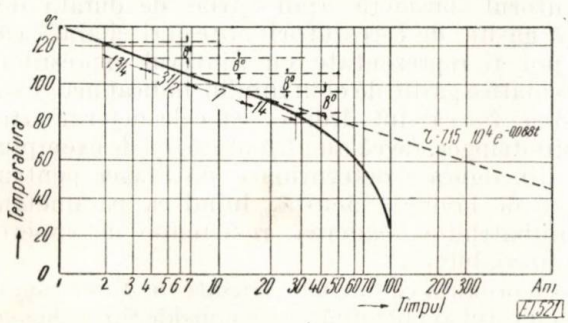


Fig. 3. Curba duratei de viață a materialelor electroizolante de clasă A, în ulei, dată de Montsinger.

În figura 3 este reprezentată curba dată de Montsinger pentru durata de viață a materialelor de clasă A în funcție de temperatură. Se vede că la 105°C durata de viață este de 7 ani, pentru ecuația părții drepte a curbei (pînă la 20 de ani) rezultînd expresia

$$\tau = 7{,}15 \cdot 10^4 e^{-0{,}088t}. \qquad (2)$$

După un timp de 20 de ani, curba din figură se îndepărtează de dreaptă, la temperatura de 25°C atingîndu-se durata de 100 de ani.

Măsurări ulterioare, ca cele executate de către Smith și Scott în 1939 [8], au arătat că legea stabilită de Montsinger poate da numai indicații aproximative, valabile pentru domeniul de temperaturi la care s-au limitat încercările acestuia. În preajma celui de-al doilea război mondial problema îmbătrînirii materialelor electroizolante reprezenta o preocupare permanentă a constructorilor de mașini electrice și cercetările privind durata lor de viață atinseseră o anumită amploare. În legătură cu aceasta, în 1939, Montsinger propune Instituției inginerilor electricieni americani (AIEE) să constituie un comitet tehnic care să se ocupe de problemă și să recomande metode standard pentru executarea încercărilor de durată de viață a materialelor electroizolante.

B. Legi de durată de viață a materialelor electroizolante determinate pe baze teoretice

Cu toată importanța acordată atît de cercetători cît și de constructorii de mașini electrice problemei duratei de viață a materialelor electroizolante și a mașinilor electrice, nu se ajunsese încă pînă în 1942 la determinarea unei legi a duratei de viață bazată pe studiul teoretic al fenomenului de îmbătrînire a materialelor electroizolante. Acest lucru îl realizează W. Büssing în teza sa de disertație [9] „Contribuție la legea de durată a vieții mașinilor electrice", prezentată în 1942 la Institutul de Mașini Electrice de pe lîngă Școala Politehnică din Stuttgart.

După ce face o scurtă critică a legilor empirice propuse de Steinmetz și Lamme [6], Schüler [10] și Montsinger [7], W. Büssing deduce o lege teoretică a duratei de viață a materialelor electroizolante, plecînd de la următoarele ipoteze :

1) Distrugerea materialelor electroizolante și deci a mașinii electrice este datorită în primul rînd unui proces chimic. Datorită efectului temperaturii de funcționare, proprietățile fizice și electrice ale materialelor se înrăutățesc : materialele îmbătrînesc.

2) Schimbările chimice și structurale care intervin în material datorită solicitărilor electrice și mecanice sînt atît de mici față de acelea datorite solicitărilor termice, încît pot fi neglijate.

Această din urmă ipoteză nu este valabilă la temperaturi foarte mici și o lege determinată pe această bază nu poate fi aplicată unor materiale puțin sensibile la acțiunea temperaturii ca de exemplu cele anorganice : mica, mătasea de sticlă etc., ci numai acelor materiale ale căror proprietăți variază sensibil cu temperatura, adică materialelor organice.

Întrucît aproape toate materialele organice folosite în construcția de mașini electrice au o structură macromoleculară, ca materialele pe

bază de celuloză, de rășini sintetice etc., autorul crede îndreptățit să fie folosite la studiul îmbătrînirii acestor materiale, cele cunoscute din chimia polimerilor înalți, relativ la dependența proprietăților acestor materiale de gradul de polimerizare și de structura lor.

Pentru a da o exprimare matematică ipotezelor de mai sus, autorul face uz de cinetica reacțiilor chimice, considerînd diverse feluri de reacții, de la cele mai simple, monomoleculare, la reacții mai complicate, paralele și eterogene.

În cele ce urmează vom considera numai reacția monomoleculară, întrucît, după cum se va vedea, legea dedusă pentru acest tip de reacții este singura care va fi utilizată de cercetătorii ulteriori și este utilizată și în ziua de azi.

O reacție monomoleculară se poate reprezenta prin schema

$$AB \rightleftarrows A + B$$

în care A și B reprezintă atomii componenți ai combinației AB.

În procesul de îmbătrînire a materialului AB, viteza de reacție, adică variația concentrației c_{AB} a materialului AB în funcție de timp este proporțională tocmai cu concentrația c_{AB}, și anume pe măsură ce reacția progresează concentrația c_{AB} scade :

$$-\frac{dc_{AB}}{dt} = kc_{AB}. \tag{3}$$

În această relație k este constanta de viteză a reacției, adică viteza de reacție la concentrații unitate. Folosind pentru k expresia dată de Arrhenius

$$k = \alpha e^{-\frac{q}{RT}} \tag{4}$$

în care

q este energia de activare a reacției ;
α — constanta de impact sau factorul steric (spațial) reflectînd influența diferiților factori care provoacă scăderea eficacității ciocnirilor moleculare ;
R — constanta gazelor ;
T — temperatura absolută,

rezultă, neglijînd variația lui α în funcție de T față de variația în funcție de T a factorului exponențial :

$$\ln \frac{c_{AB}}{c_{AB0}} = -\alpha e^{-\frac{q}{RT}} \cdot t \tag{5}$$

în care c_{AB0} este concentrația la timpul $t = 0$.

W. Büssing consideră apoi că proprietățile fizice ale materialului (rezistența mecanică, rigiditatea dielectrică etc.) reprezentate printr-o funcțiune σ sînt dependente univoc de concentrația c_{AB}, adică :

$$\sigma = F(c_{AB}) \quad \text{sau} \quad c_{AB} = f(\sigma). \tag{6}$$

În acest caz, din relația (5) rezultă :

$$t = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{f(\sigma_0)}{f(\sigma)} e^{\frac{q}{RT}} \tag{7}$$

σ_0 fiind valoarea funcției la $t = 0$.

Dacă σ_z este valoarea lui σ la care materialul se distruge (sau devine inutilizabil), timpul respectiv adică durata de viață τ a materialului va fi dată de expresia :

$$\tau = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{f(\sigma_0)}{f(\sigma_z)} \cdot e^{\frac{q}{RT}} \tag{8}$$

sau

$$\tau = \tau_\infty e^{b/T} \tag{8 a}$$

dacă se înseamnă $\tau_\infty = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{f(\sigma_0)}{f(\sigma_z)}$ și $b = \frac{q}{R}$.

Într-un sistem de coordonate semilogaritmice variația duratei de viață τ a materialului în funcție de $\frac{1}{T}$ este deci reprezentată printr-o dreaptă

$$\ln \tau = A + \frac{b}{T} \tag{9}$$

în care $A = \ln \tau_\infty$.

Pentru determinarea cantitativă a mărimilor α și q și a funcțiunii σ nu există altă cale decît aceea a determinărilor experimentale.

Relația (9) fiind liniară înseamnă că executînd încercări de durată de viață la temperaturi mai ridicate decît cea de exploatare, adică încercări accelerate, se va putea deduce, prin extrapolare, durata de viață a materialului la temperatura normală de funcționare.

W. Büssing, considerînd și alte tipuri de reacții, mai complicate, care ar putea avea loc sub influența temperaturii în materialele electroizolante și anume reacții paralele și eterogene, deduce și pentru acestea relații între durata de viață și temperatură, care nu permit însă extrapolări decît în cazuri particulare.

Autorul consideră apoi curbe de durată de viață găsite de cercetători anteriori și arată că ele pot fi reprezentate cu ajutorul expresiilor matematice găsite de el în modul indicat mai sus, acestea fie că sînt drepte, ca cele determinate de Montsinger, fie că au altă alură, ca de exemplu cele din figura 4 determinate de Stäger pentru banda de bumbac lăcuită, luînd ca parametru de îmbătrînire scăderea rezistenței de rupere a materialului.

Concordanța cu curbele trasate de Montsinger este cu totul explicabilă, dacă considerăm că legea determinată de acesta (1) se deduce din legea determinată de Büssing (9) prin dezvoltarea în serie a exponențialei, considerînd că temperatura absolută $T = T_0 + t$ (t fiind temperatura în °C) și considerînd valori destul de mici ale lui t (°C) ca să se poată neglija termenii de ordinul II și superiori în expresia obținută.

În lucrarea sa, W. Büssing dă și rezultate comparative ale încercărilor de durată de viață executate asupra unor conductoare izolate, precum și asupra unor motoare echipate cu aceste conductoare. Rezultatele obținute pe conductoare nu concordă satisfăcător cu cele obținute pe motoare, din cauza, crede autorul, a solici-

tărilor prea diferite la care sînt supuse conductoarele în cele două categorii de încercări. De asemenea, rezultatele obținute pe diferitele mașini (motoare asincrone de 5—7 CP) nu

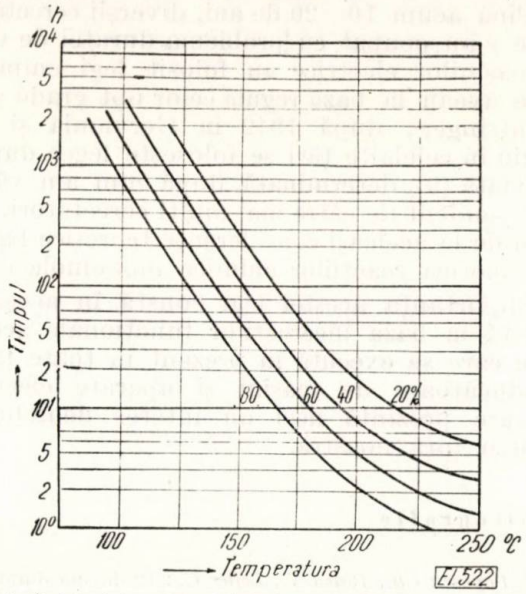


Fig. 4. Îmbătrînirea bandei de bumbac lăcuite, după Stäger (parametru de îmbătrînire: rezistența la rupere).

concordă între ele, probabil din cauza numărului insuficient de mașini încercate [9].

Numeroase încercări și studii teoretice asupra duratei de viață a materialelor electroizolante s-au executat și în S.U.A., unde legea duratei de viață sub forma daltă de Büssing apare în 1948, într-un articol al lui Th. W. Dakin [11] care, urmînd aceeași cale ca predecesorul său și independent de acesta, ajunge la această lege, cu care propune să fie înlocuită legea lui Montsinger. Autorul dă numeroase exemple de determinare a duratei de viață a materialelor electroizolante prin încercări accelerate.

În 1949, în U.R.S.S., în cartea sa „Izolația mașinilor electrice" [12], V. I. Kalitvianski descrie încercările de durată de viață executate pe mașini asincrone, problemă studiată încă din 1940 de acest autor împreună cu Zukernic și Dektiov.

De asemenea, A. T. Mekler [13] studiază îmbătrînirea izolației mașinilor electrice la funcționare intermitentă, cu durate scurte de funcționare.

L. C. Whitman și P. Doigan [14] în 1954 verifică legea duratei de viață (9) pentru filme de mylar (tereftalat de polietilenă) și pentru țesături de azbest impregnat cu lac siliconic, luînd ca criteriu de îmbătrînire a materialului scăderea tensiunii sale de străpungere, în condiții date, cu 50% față de valoarea inițială a acestuia.

În 1955, împreună cu Kovalskaia, Kalitvianski publică [15] rezultatele unor încercări de durată de viață pe motoare cu izolație pe bază de siliconi și sticlomicanită, descriind și modul de încercare. Kalitvianski se ocupă de asemenea [16] de legile de îmbătrînire termică a dielectricilor polimeri și analizează procesele ce au loc în aceste materiale la îmbătrînirea termică. Bazîndu-se de asemenea pe constatarea experimentală că aceste procese complexe urmează legile cunoscute din chimia fizică pentru cinetica reacțiilor monomoleculare, Kalitvianski regăsește și el legea determinată de Büssing.

De problema duratei de viață a materialelor electroizolante pe bază de siliconi se preocupă și prof. Andrianov, împreună cu Kalitvianski [17].

În 1956 Berberich și Dakin [18] revăd cîteva dintre principiile de bază ale procesului de îmbătrînire pentru diverse categorii de materiale noi, principii care trebuie avute în vedere pentru determinarea încercărilor necesare stabilirii unei noi metode de clasificare a materialelor electroizolante. Consideră efectele chimice ca oxidarea, depolimerizarea,hidroliza, descompunerea materialelor clorurate și efectele fizice ca schimbările proprietăților materialelor ce rezultă din reacțiile chimice amintite, precum și schimbările de fază ce au loc fără reacții chimice; analizează astfel fenomenele de topire și înmuiere, de volatilizare,întărire, de fisurare, variație a caracteristicilor mecanice și electrice, apoi influența mediului ambiant etc.

În legătură cu acțiunea factorilor exteriori asupra materialelor se atrage atenția asupra interacțiunii a două sau mai multe materiale izolante utilizate împreună (ceea ce denumim „sisteme de izolație") fapt de care, specifică autorii, trebuie să se țină seama la stabilirea normelor pentru încercările de durată de viață, neapărat necesare pentru aprecierea materialelor electroizolante noi utilizate în ultimii ani la fabricarea mașinilor și aparatelor electrice.

Problema încercărilor de durată de viață a materialelor electroizolante noi este reluată de I. Iglisch în 1957 [19], autorul constatînd că pentru domenii de temperatură mai largi, legea exponențială (9) nu mai este general valabilă.

Th. W. Dakin [20] arată că în adevăr, în unele cazuri, dreptele pentru anumite ma-

$$\ln \tau = f\left(\frac{1}{T}\right)$$

teriale într-un domeniu de temperaturi mai ridicate, de exemplu între 100 și 200°C, au alura din figura 5, diferența de pantă provenind din faptul că reacțiile care ocazionează îmbătrînirea materialului sînt diferite în domenii diferite de temperatură. Astfel, pentru curba de pe figură, pînă la 180°C este preponderentă o anumită reacție, cu o anumită energie de activare, iar după 180° este preponderentă o altă reacție, cu altă valoare a energiei de activare.

Problema duratei de viață a mașinilor electrice este studiată în ultimii ani și de către M. I. Mantrov [21] care, considerînd datele din

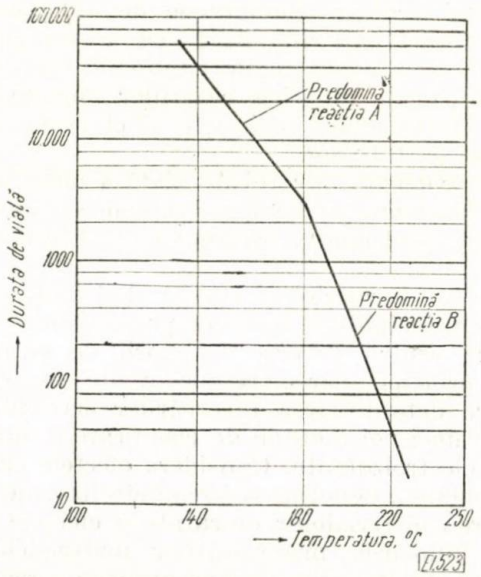


Fig. 5. Efectul schimbării naturii reacției asupra dependenței de temperatură a duratei de viață.

literatură, determină pentru diferite categorii de materiale, de clasele A, B și H, constantele A și *b* din legea duratei de viață (9).

Autorul specifică că formulele obținute nu pot fi utilizate decît pentru calcule orientative, rezultatele obținute de diverși cercetători atît pe materiale (sau sisteme) cît și pe mașini întregi fiind uneori foarte deosebite, dată fiind diversitatea condițiilor de încercare. Chiar în condiții identice de încercare (încercări fucționale, accelerate) nu se obține evident durata de viață *reală* a mașinii în condiții normale de funcționare, condiții deosebite de acelea realizate în încercările accelerate executate. Din punct de vedere însă al *comparării* între ele a sistemelor de izolație, metoda încercărilor funcționale poate fi aplicată pentru determinarea stabilității termice a sistemelor de izolație compuse din materiale noi, pentru care nu se posedă încă date de exploatare.

Concluzii

Întrucît, după cum s-a arătat, problema duratei de viață a mașinilor electrice în condiții normale de exploatare se reduce la problema duratei de viață a materialelor electroizolante utilizate în construcția acestora, este de interes primordial pentru constructorii de mașini electrice să cunoască stabilitatea termică a materialelor pe care le folosesc.

Stabilitatea termică a materialelor și sistemelor de materiale electroizolante se determină cu ajutorul încercărilor funcționale accelerate, prin comparație cu materiale și sisteme de materiale a căror comportare este cunoscută din date experimentale, rezultate din exploatarea de zeci de ani a mașinilor echipate cu astfel de sisteme de izolație.

Pînă acum 10—20 de ani, diverși cercetători care s-au ocupat cu problema duratei de viață a mașinilor electrice au folosit legi empirice, care aveau la bază regula celor opt grade a lui Montsinger; după 1942 în Germania și mai tîrziu în celelalte țări se folosește legea duratei de viață (9), determinată, după cum am văzut, independent de către mai mulți cercetători, plecînd de la aceleași considerente teoretice bazate pe cinetica reacțiilor chimice monomoleculare.

Importanța acestei legi constă în aceea că ea stă la baza încercărilor funcționale accelerate care se execută în prezent în toate țările producătoare de mașini și aparate electrice și care prezintă deci un interes deosebit și pentru țara noastră.

Bibliografie

[1] *Popescu Ch., Raicu V., Lefter C.*: Problema duratei de viață a mașinilor electrice. Lucrare prezentată la sesiunea de comunicări științifice a Inst. Politehnic București, din 7—8 aprilie 1962 (85 pag., 100 ref. bibl).

[2] *Dettmar G.*: Über die Notwendigkeit der Aufstellung von Normen für die Bestimmung und Angabe von Leistung, Erwärmung und Wirkungsgrad elektrischer Maschinen. ETZ, vol. **21** (1900) pag. 727—733.

[3] VDE 0530: Vorschriften für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren ETZ Vol. **33** (1912) pag. 464—466 și pag. 570.

[4] Publicația CEI nr. 34 (ed. 1935): Règles de la CEI pour les machines électriques. Genève 1935.

[5] Publicația CEI nr. 85 (1957): Recommandations for the classification of materials for insulation of electrical machinery and apparatus in relation to their stability in service. Genève 1957.

[6] *Steinmetz C. P.* și *Lamme B. G.*: Temperature and electrical insulation, Trans. AIEE Vol. **32** (1913) pag. 79—89.

[7] *Montsinger V. M.*: Loading transformers by temperature. Trans. AIEE Vol. **49** (1930) pag. 776—790.

[8] *Smith J. J.* și *Scot J. A.*: Temperature aging characteristics for class A insulation. Trans AIEE Vol. **58** (1939) pag. 435—444.

[9] *Büssing W.*: Beiträge zum Lebensdauergesetz elektrischer Maschinen. A.f.E. Vol. **36** (1942) pag. 333—361 și pag. 735—742.

[10] *Schüler Leo*: Die Wärmebeständigkeit von Baumwolle und Papier. ETZ, Vol. **37** (1916), pag. 535—537.

[11] *Dakin Th. W.*: Electrical insulation deterioration treated as a chemical rate phenomenon. Trans. AIEE., Vol. **67** (1948) I, pag. 113—118.

[12] *Kalitvianski V. I.*: Izolația elektriceskih mașin, Moscova 1949, pag. 304—312.

[13] *Mekler A. G.*: Opredelenie moșcinosti dvigatelei pri povtorno-kratkovremennom grafike uciotom starenia izolații. Vestnik elektroprom. nr. 6, 1947.

[14] *Whitman L. C.* și *Doigan P.*: Calculation of life cha racteristics of insulation. Trans. AIEE Vol. **73** (1954) I, pag. 193—198.

[15] *Kalitvianski V. I.* și *Kovalskaia*: Prodoljitelnosti slujbî novîh vîdov izolații elektriceskih mașin. Elektricestvo 1935, nr. 10, pag. 40.

[16] *Kalitvianski V. I.*: Obșcie zakonomernosti teplovo starenia polimarnîh dielektricov, Elektricestvo, 1955, nr. 3, pag. 57—61.

[17] *Andrianov* şi *Kalitvianski V. I.*: Primenenie kremniiorganiceskoi izolaţii v elektriceskîh maşinah. Elektricestvo **76** 1955, nr. 4, pag. 62–68.
[18] *Berberich L. J.* şi *Dakin Th. W.* Guiding principles in the thermal evaluation of electrical insulation. Trans. AIEE Vol. **75**, (1956) III, pag. 752–792.
[19] *Iglisch Ingo:* Zu den Lebensdauergesetzen elektrischer Maschinen. ETZ Vol. **78** (1957) pag. 356–358.
[20] *Dakin Th. W.*: Electrical insulation deterioration. Electro-Technology, 1960, dec. pag. 124–130.
[21] *Mantrov M. I.*: Srok slujbî izoliaţii elektriceskîh maşin pri teplovaia starenii. Elektricestvo, 1955, 6, pag. 68–71.
Intrat în redacţie la 28. 8. 1962.

Măsurarea puterii fluctuante şi a puterii de nesimetrie cu generatoare Hall

DAVID FRÄNKEL şi IOAN DE SABATA–Timişoara* CZ 621.317.382.016.313 : 538.632

Componenta alternativă a puterii momentane electromagnetice în sisteme polifazate se numeşte putere fluctuantă, p_f şi prin amplitudinea sa se caracterizează gradul de dezechilibru al sistemului. Expresia ei în componente simetrice, pentru sisteme trifazate cu trei conductori este [1]:

$$P_f = 3\sqrt{U_d^2 I_i^2 + U_i^2 I_d^2 + 2 U_d U_i I_d I_i \cos(\varphi_d - \varphi_i)} \quad (1)$$

unde $U_d\ I_d$, respectiv $U_i\ I_i$, sînt componentele directe respectiv inverse ale tensiunii şi curentului de fază, iar φ_e şi φ_i sînt defazajele corespunzătoare.

Puterea de nesimetrie — P_{nes} — este definită în legătură cu puterea activă maximă, P_{max}, ce se poate transmite consumatorului la pierderi date pe linie [2]. Ea serveşte la determinarea factorului de nesimetrie a sistemului.

Se arată [2] că:

$$P_{max}^2 = P^2 + Q^2 + P_{nes}^2$$

unde P şi Q sînt puterea activă şi reactivă a sistemului trifazat.

Expresia în componente simetrice a puterii de nesimetrie în sisteme trifazate cu trei conductori este:

$$P_{nes} = 3\sqrt{U_d^2 I_i^2 + U_i I_d^2 - 2 U_d U_i I_d I_i \cos(\varphi_d - \varphi_i)}. \quad (2)$$

Se remarcă uşor că la tensiuni de linie simetrice cele două puteri sînt egale între ele şi sînt proporţionale cu componenta inversă a curentului:

$$P_f = P_{nes} = I\ U_d I_i. \quad (3)$$

1. Măsurarea puterii fluctuante cu generator Hall

Se ştie că tensiunea generatorului Hall, parcurs de un curent de comandă proporţional cu tensiunea la bornele consumatorului şi aflat într-un cîmp magnetic avînd inducţia magnetică proporţională cu sarcina acestuia este proporţională cu valoarea momentană a puterii electromagnetice: $u_h = kui$.

Folosind trei generatoare Hall astfel conectate încît tensiunile lor să fie proporţionale respectiv cu puterile celor trei faze, componenta continuă a sumei acestor tensiuni va fi proporţională cu puterea activă, iar componenta ei alternativă va fi proporţională cu puterea fluctuantă. Evident că aceeaşi concluzie este valabilă pentru oricare din montajele pentru măsurarea puterii active cu wattmetre electrodinamice, dacă aceste montaje sînt realizate cu generatoare Hall, astfel încît spre exemplu curenţii de comandă să fie proporţionali cu tensiunile şi inducţiile magnetice cu curenţii.

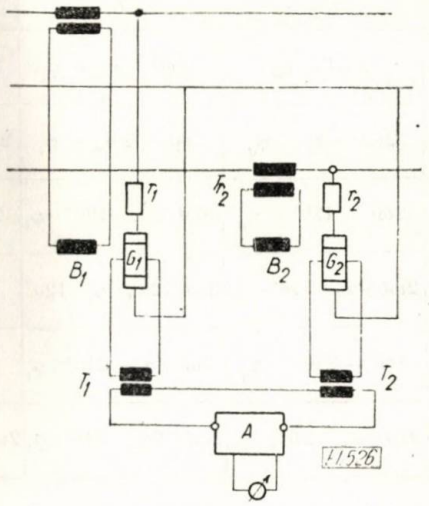


Fig. 1. Măsurarea puterii fluctuante cu două generatoare Hall: T_{r1}, T_{r2} – transformatori de curent; B_1, B_2 – bobine cu întrefier; G_1, G_2 – plăcuţa de InSb; r_1, r_2 – rezistenţa; T_1, T_2 – transformatori; A – amplificator; V – voltmetru.

Componentele alternative se separă cu transformatoare, suma lor se amplifică electronic şi amplitudinea ei se măsoară cu un voltmetru cu rezistenţă interioară mare.

În figura 1 este dată schema pentru montajul cu cele două wattmetre.

2. Măsurarea puterii de nesimetrie

În cazul particular al sistemelor trifazate cu trei conductori şi tensiuni de linie simetrice, puterea de nesimetrie, fiind egală cu amplitudinea puterii fluctuante, se măsoară şi ea prin metoda de mai sus. De altfel, în acest caz,

* Ing. D. Fränkel este conferenţiar la Institutul Politehnic Timişoara iar ing. I. De Sabata şef de lucrări la acelaşi institut.

puterea pulsatorie este o măsură a componentei inverse a curentului.

Se pot stabili scheme pentru măsurarea puterii de nesimetrie și în cazul tensiunilor de linie nesimetrice.

Componentele directe și inverse ale tensiunilor de fază u_{kd}, u_{ki} — și ale curentului de fază i_{kd}, i_{ki} — sînt :

$$u_{kd} = U_{dm} \sin\left[\omega t-(k-1)\frac{2\pi}{3}\right]$$

$$i_{kd} = i_{dm} \sin\left[\omega t - \varphi_d - (k-1)\frac{2\pi}{3}\right]$$

$$u_{ki} = U_{im} \sin\left[\omega t + \alpha_n + (k-1)\frac{2\pi}{3}\right]$$

$$i_{ki} = i_{im} \sin\left[\omega t + \alpha_n - \varphi_i + (k-1)\frac{2\pi}{3}\right].$$

Se întocmește tabela argumentelor părților alternative din produsele $u_{kv}i_{kv}$ unde $k = 1,2,3$ și $v = d, i$.

Din tabelă se poate vedea că prima condiție este satisfăcută de diferențele :

$$u_1^* i_1 - u_2^* i_3 \quad u_2^* i_2 - u_1^* i_3 \quad u_3^* i_3 - u_1^* i_2$$

$$u_1^* i_1 - u_3^* i_3 \quad u_2^* i_2 - u_3^* i_1 \quad u_3^* i_3 - u_2^* i_1$$

$$u_2^* i_3 - u_3^* i_2 \quad u_3^* i_1 - u_1^* i_3 \quad u_1^* i_2 - u_2^* i_1$$

Condiția a doua este satisfăcută numai de diferențele :

$$u_1^* i_2 - u_2^* i_1\,;\; u_2^* i_3 - u_3^* i_2\,;\; u_3^* i_1 - u_1^* i_3. \quad (3)$$

În adevăr scriind componentele $u_{kd}\,i_{ki}$ și $u_{ki}\,i_k$ ale produselor în formă complexă și formînd spre exemplu $u_2^* i_3 - u_3^* i_2$ se obține :

$$U_d I_i \left\{ e^{j\left(\alpha_u - \varphi_i + \frac{2\pi}{3}\right)} - e^{j\left(\alpha_u - \varphi_i - \frac{2\pi}{3}\right)} \right\} =$$

$$= \sqrt{3}\, U_d\, I_i e^{j\left(\alpha_u - \varphi_i + \frac{\pi}{2}\right)}$$

Tabela 1

		I_1		I_2		I_3	
		I_{d_1}	I_{i_1}	I_{d_2}	I_{i_2}	I_{d_3}	I_{i_3}
U_1	U_{d1}	$2\omega t - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u - \varphi_i$	$2\omega t - 120° - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u + 120° - \varphi_i$	$2\omega t - 240° - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u + 240° - \varphi_i$
	U_{i1}	$2\omega t + \alpha_u - \varphi_d$	$2\omega t + 2\alpha_u - \varphi_i$	$2\omega t + \alpha_u - \varphi_d - 120°$	$2\omega t + 2\alpha_u + 120° - \varphi_i$	$2\omega t + \alpha_u - 240° - \varphi_d$	$2\omega t + 2\alpha_u + 240° - \varphi_i$
U_2	U_{d2}	$2\omega t - 120° - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u - 120° - \varphi_i$	$2\omega t - 240° - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u - \varphi_i$	$2\omega t - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u + 120° - \varphi_i$
	U_{i2}	$2\omega t + \alpha_u + 120' - \varphi_d$	$2\omega t + 2\alpha_u - \varphi_i + 120°$	$2\omega t + \alpha_u - \varphi_d$	$2\omega t + 2\alpha_u + 240° - \varphi_i$	$2\omega t + \alpha_u - 120° - \varphi_d$	$2\omega t + 2\alpha_u - \varphi_i$
U_3	U_{d3}	$2\omega t - 240° - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u - 240° - \varphi_i$	$2\omega t - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u - 120° - \varphi_i$	$2\omega t - 120° - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u - \varphi_i$
	U_{i3}	$2\omega t + \alpha_u + 240° - \varphi_d$	$2\omega t + 2\alpha_u + 240° - \varphi_i$	$2\omega t + \alpha_u + 120° \varphi_d$	$2\omega t + 2\alpha_u - \varphi_i$	$2\omega t + \alpha_u - \varphi_d$	$2\omega t + \alpha_u + 120° - \varphi_i$

Din expresia (2) rezultă că puterea de nesimetrie este amplitudinea rezultantei a două funcțiuni sinusoidale, cu valorile maxime egale cu $3\,U_d I_i$, $3\,U_i\,I_d$ și defazate între ele cu unghiul $\pi - (\varphi_d - \varphi_i)$.

Prin generatoare Hall se pot obține tensiuni proporționale cu produse de forma :

$$u_k^* i_k = U_{kd}\, i_{kd} + u_{ki}\, i_{ki} + u_{kd}\, i_{ki} + u_{ki}\, i_{kd}$$

unde u_k^* sînt tensiunile de fază ale unui consumator simetric.

Se caută schema a două generatoare Hall aleasă astfel încît în diferența tensiunilor lor să dispară termenii de formă $u_{kd}\ i_{kd}$ și $u_{ki}\, i_{ki}$ iar rezultantele termenilor $u_{kd}\, i_{ki}$ și $u_{ki}\, i_{kd}$ să fie defazate între ele cu $\pi - (\varphi_d - \varphi_i)$.

și

$$U_i\, I_d \left\{ e^{j\left(\alpha_u - \varphi_d - \frac{2\pi}{3}\right)} - e^{j\left(\alpha_n - \varphi_d + \frac{2\pi}{3}\right)} \right\} =$$

$$= \sqrt{3}\, U_i\ I_d\ e^{j\left(\alpha_n - \varphi_i - \frac{\pi}{2}\right)}.$$

Se vede deci că defazajul celor două mărimi sinusoidale este cel căutat. Amplitudinea componentei alternative a mărimii : $u_2^* i_3 - u_3^* i_2$ este :

$$\sqrt{3}\, \sqrt{U_d^2 I_i^2 + U_i^2 I_d^2 - 2 U_d\, U_i\, I_d\, I_i \cos(\varphi_d - \varphi_i)} =$$

$$= \frac{P_{nes}}{\sqrt{3}}.$$

Se constată simplu că componentele alternative ale expresiilor (3) sînt egale şi în fază şi prin urmare amplitudinea sumei lor este $\sqrt{3}\,P_{nes}$. Dar această sumă poate fi pusă în forma:

$$U_1^* i_2 - U_2^* i_1 + U_2^* i_3 - U_3^* i_2 + U_2^* i_1 - U_1^* i_3 = \\ = -(U_{12} i_3 + U_{23} i_1 + U_{31} i_2). \quad (4)$$

Aşadar în schema de măsurare a puterii reactive cu două generatoare Hall şi punct neutru artificial (3) sau cu trei generatoare Hall (4), amplitudinea componentei alternative este proporţională cu P_{nes} şi în cazul tensiunilor de linie nesimetrice. (Este cunoscut că în aceste condiţii puterea reactivă se măsoară cu o eroare sistematică).

3. Verificări experimentale

Măsurările s-au efectuat pentru montajul din figura 1, folosind aceleaşi circuite magnetice şi generatoare Hall ca în lucrarea [5], în două regimuri particulare: la simetrie şi faza a doua întreruptă, pentru a verifica dacă nu se introduc erori la însumarea componentelor alternative.

La simetrie, puterea fluctuantă (de nesimetrie) a fost nulă.

La întreruperea fazei a doua, componenta alternativă a generatorului 1 a fost egală cu $U_{h1} = kU_{12}\,I_1 = 12{,}30$ V ($U = 375$ V $I_1 = I_3 = 0{,}8$ A). Puterea fluctuantă (de nesimetrie) măsurată trebuie să fie egală cu $k3\,U_d I_i = kU_{12}I_1 = U_{h1}$ (deoarece $I_i = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$ şi $U_{12} = \sqrt{3}U_d$). S-a obţinut experimental $P_f = P_{nes} = U_{h1} + U_{h2} = 12$ V, deci eroarea este de 2,5%.

4. Concluzii

Montajele obţinute de măsurare a puterii active realizate cu generatoare Hall permit, prin intermediul componentelor alternative ale acestora, măsurarea directă a amplitudinii puterii fluctuante ceea ce pînă în prezent n-a fost realizată sub nici o formă. Montajele cu două wattmetre şi punct neutru artificial sau cu trei wattmetre pentru măsurarea puterii reactive realizate cu generatoare Hall permit prin intermediul componentei alternative a acestora măsurarea puterii de nesimetrie şi în cazul tensiunilor de linie nesimetrice. Metoda de măsurare a puterii de nesimetrie din [3] este valabilă numai la simetria tensiunilor de linie. Eroarea raportată se poate menţine sub 2,5% fiind în principal influenţată de zgomotul amplificatorului folosit.

Bibliografie

[1] *Krug K. A.*: Bazele electrotehnicii, vol. II, Bucureşti, Editura Energetică de Stat, 1953.

[2] *Luric L. S.*: Factorul de putere în sisteme trifazate nesimetrice. Elektricestvo nr. 3, 1952.

[3] *Fränkel D.*: Măsurarea puterii de nesimetrie şi a componentei inverse a curentului cu wattmetre. Buletinul Ştiinţific şi Tehnic al I.P.T. Serie nouă, Tom, 5 (19), Fasc. 1–2.

[4] *Juze V. P.*: Tehniceskie primenenia effekta Holla Poluprovodniki v nauke i tehnike. Editura Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., 1957.

[5] *Fränkel D., De Sabata I.*: Măsurarea puterii aparente în sisteme mono şi trifazate cu generator Hall. Electrotehnica, 1962.

Intrat în redacţie la 17.5.1962

SCURTE ŞTIRI DIN STĂINĂTATE

La sud-vest de oraşul Baku, în oraşul Ali-Bairamlî, se construieşte o uzină electrică raională care va lucra cu gaze. Puterea uzinei compusă din 4 generatoare va atinge 600 MW. Primul generator este în ajunul dării în funcţiune. Atenţia constructorilor şi montatorilor este concentrată asupra fundaţiei turbogeneratorului nr. 2. Aceasta este prima fundaţie asamblată a unei maşini electrice cu abur. Fiecare din elementele acestei fundaţii cîntăreşte de la 20 pînă la 40 tone.

(Din „Izvestia" nr. 38/14.02.1962)

În imensul raion industrial central Moscova-Breansk-Orel numeroase întreprinderi se alimentează cu energie electrică de la Uzina electrică raională Ceroperskaia. Aici se va monta şi da în funcţiune o turbină gigantă cu abur, de 300 MW.

(Din „Izvestia" nr. 38/14.02.1962).

În stepă, la distanţa de 50 km de Harkov, se construieşte una din cele mai mari uzine termo-electrice „Zmievskaia-Komsomolskaia". În al patrulea an al septenalului, grupurile electrogene ale primei etape a uzinei vor debita circa două miliarde de kWh pentru mine, fabrici, gospodării agricole colective şi gospodării agricole de stat din R. S. S. Ucraineană şi din R.S.F.S. Rusă.

Aceasta depăşeşte totalul energiei electrice ce se producea de către toate uzinele electrice ale Rusiei ţariste în anul 1913.

(Din „Izvestia" nr. 38/14.02.1962).

Un colectiv de ingineri şi tehnicieni, de la fabrica VEB Elektromotorenwerk Dessau, au propus şi au aplicat o inovaţie care aduce o economie de peste două tone metale diverse şi 90 000 mărci anual. Inovaţia priveşte înlocuirea celor şase bolţuri şi a celor şase cleme de legătură din cutia de cleme, precum şi cablajul de cupru necesar trecerii de la stea-triunghi şi viceversa. Schimbarea bobinajelor se face acum chiar la capetele lor şi nu la cutia de cleme cum se făcea de obicei. În acest mod, cele trei bolţuri de contact, rămase libere, se întrebuinţează la conectarea bobinajului rotor. Această inovaţie a fost primită călduros şi de beneficiari, deoarece cablurile de forţă pot fi trase într-un canal de cabluri şi nu mai este necesară plasarea lor sub motoare.

(După „Elektrie" nr. 12 decembrie 1961).

REFERATE

CZ 620.97 : 535.215.3

Fuchs, H.: **Folosirea energiei solare.** (Nutzbarmachung von Sonnenenergie). In: Radio und Fernsehen nr. 7, april., 1962, pag. 222—223, 3 fig., 3 diagr.

Bazîndu-se pe o bogată bibliografie, autorul face descrierea teoretică şi practică pentru folosirea energiei solare atît sub formă calorică, prin încălzirea apei, cît şi sub forma transformării directe în energie electrică. Aflăm, între altele, că soarele emite zilnic echivalentul a $43{,}6.10^{14}$ kWh, adică mai mult decît toată energia întrebuinţată de omenire pînă azi. Această cantitate colosală de energie trebuie folosită la maximum; iată de ce savanţii de pretutindeni se luptă necontenit să găsească soluţii practice pentru utilizarea ei. Elementele de transformare găsite pînă acum sînt fotoelementele cu seleniu sau cu siliciu. Autorul se opreşte asupra fotoelementelor cu siliciu datorită randamentului lor de 10—12 % incomparabil mai ridicat ca cele cu seleniu, care ating cu greu 2 %. Figurile ilustrează principiile de funcţionare şi schemele de legătură, iar din diagrame reies caracteristicile tensiune-curent, precum şi influenţa temperaturii şi a iluminării asupra acestor fotoelemente cu siliciu.

T. W.

CZ 621.3.014.31.017.72

Allen, J. W. S., Edels, H., Whittaker, D.: **Descreşterea temperaturii după întreruperea unui arc electric** (Post-arc Temperature Decay). În: Proc. Phys. Soc. **78**, 504, 1961, pag. 948—957, 10 fig., 16 ref.

Se descrie o metodă pentru determinarea temperaturii gazului dintre electrozi în orice moment ales după întreruperea curentului unei descărcări în formă de arc. Se utilizează un aparat de fotografiere cu oglindă rotitoare, pentru a se măsura viteza unei unde de presiune ce trece prin gaz. Dintr-o serie de asemenea măsurări se poate deduce legea de descreştere a temperaturii, dîndu-se rezultate pentru timpuri între 100 μs şi 1s după întreruperea unor arcuri în aer între electrozi de cărbune. Descreşterile medii ale temperaturii medii a miezului arcului timp de 1 μs după întreruperea curentului au fost $1{,}5°\mu s^{-1}$ pentru o distanţă de 8 mm între electrozi (10 sau 40 A) şi $2{,}8°\mu s^{-1}$ pentru o distanţă de 2 mm (40 A). Descreşterea temperaturii următoare unui arc de 40 A a fost, de asemenea, calculată: la 8 mm, cu arc de cărbune în aer, ea este $2—3°\ \mu s^{-1}$ în primele 500 μs după întreruperea curentului.

A. S.

CZ 621.3.015.532 : 621.315.62

Oscilografierea curenţilor de ionizare în grosimea izolaţiei în prezenţa paraziţilor. (După L. P. Pobereskii. In: Vestnik Electroprom, **32**, 12, 1961, p. 50—51, 4 fig.

La stabilirea construcţiei şi tehnologiei optime a bobinajelor rotorice şi statorice este necesară stabilirea gradului de compactizare a izolaţiei, în funcţie de prezenţa incluziunilor de aer. Acestea din urmă se detectează şi prin metoda oscilografierii curenţilor din interiorul izolaţiei ce se produc la începerea fenomenului de ionizare. Înainte de a se introduce în crestătură, bara sau secţiunea izolată se îmbracă pe o porţiune cu folie subţire de aluminiu. La distanţe egale de electrodul exterior se lipesc două inele de gardă. Electrodul de înaltă tensiune este format de însuşi conductorul barei sau secţiunii, iar electrodul de joasă tensiune este deschis şi se pune la pămînt printr-o rezistenţă: sursa de paraziţi este însuşi curentul de ionizare. S-au făcut măsurări asupra unor secţiuni ale bobinajului statoric al motorului tip DAMSO (U.R.S.S.) de 6,3 kV. Toate secţiunile au fost izolate cu aceeaşi grosime de micabandă, însă au fost compoundate în mod deosebit. Pentru primul lot de 5 secţiuni s-a folosit un bitum cu temperatura de înmuiere de 117°C şi pentru cel de-al doilea lot de 4 bucăţi — cu temperatura de înmuiere de 127°C. Încercările au arătat că secţiunile primului lot au o izolaţie mai compactă. Metoda de mai sus permite oscilografierea curenţilor de ionizare interioară nu numai la izolaţia maşinilor electrice ci şi la cabluri, condensatoare de înaltă tensiune şi la alt echipament electric. Se dă schema instalaţiei cu elemente constructive şi se prezintă cîteva oscilograme de tensiune.

A. B.

CZ 621.311.1.001.57(45)

Catenacii, G.: **Modelul reţelei italiene de 220 kV.** (Il modello della rete italiana a 220 kV). In: L'Energia Elettrica, **38**, nr. 12, dec. 1961, p. 1075—1081, 12 fig.

În lucrare se descrie un auxiliar de calcul preţios: modelul reţelei italiene de 220 kV, care a intrat în funcţiune de un an.

La început se arată necesităţile care au impus crearea modelului: studiul regimurilor de funcţionare, al curenţilor de scurtcircuit, al pierderilor în reţeaua existentă şi predeterminarea parametrilor optimi a ceea ce se va construi.

În realizarea modelului, linia este prezentă printr-un cuadripol în π, generatorul cu posibilitatea de reglare a fazei şi a tensiunii, iar scurtcircuitul prin rezistenţă de arc corespunzătoare.

Modelul este alimentat cu o tensiune redusă (100 V), dar la o frecvenţă ridicată (de 500 Hz). Modelul are 145 linii în funcţiune şi încă 73 vor fi date spre utilizare.

Scara de tensiune este de 220 000/100 V, iar cea de putere 10/200 000 000 W şi, ca urmare, scara de impedanţe rezultă 4,135. Se analizează în continuare o casetă de linie care, pe lîngă elementele de bază (rezistenţă, reactanţă şi capacitate), mai cuprinde elemente suplimentare pentru stabilirea schemelor de frecvenţă inversă şi homopolară.

Se descrie apoi schema funcţională a circuitului echivalent al generatorului, care lucrează la o tensiune nominală de 150 V. Modelul permite reglarea puterii active şi reactive a constantelor de timp, a tensiunii şi a unghiului intern.

Apoi se face o analiză a posibilităţilor de calcul al reţelelor cu măsuri electronice cifrice sau cu model de calcul. Autorul stabileşte utilitatea modelării.

P. B.

CZ 534.837 : 621.313

Hubner, G.: **Producerea şi combaterea zgomotelor maşinilor electrice.** (Entstehung und Bekämpfung der Geräusche elektrischer Maschinen). În Elektrotechn. Z.—A **82**, 24 nov. 1961, pag. 771—781, 15 fig., 52 ref.

Zgomotul unei maşini electrice este evaluat astăzi după intensitatea măsurată la o anumită distanţă de maşină.

Producerea zgomotului unei maşini şi combaterea acestui zgomot pot fi studiate eficace numai cunoscînd regulile şi caracteristicile fizice ale mecanismului producerii zgomotului, încît să se poată calcula intensitatea din datele constructive şi electrice ale maşinii. Componenta aerodinamică a zgomotului se produce la mişcarea rotorului şi ventilatorului în aerul înconjurător. Cînd viteza periferică a rotorului depăşeşte 50 ms^{-1}, ea determină aproape exclusiv întregul zgomot al maşinii, fiind caracteristică pentru nivelul zgomotului celor mai multe maşini cu mult zgomot. Componenta importantă a zgomotului aerodinamic este un fişiit ale cărui proprietăţi pot fi explicate şi descrise abia după introducerea mărimilor statistice. Indicaţiile cantitative asupra componentei aerodinamice a zgomotului rezultă din noţiunile dobîndite prin măsurări sistematice de zgomot la corpuri în rotaţie, deducîndu-se pe această bază o formulă pentru calcularea nivelului presiunii acustice pentru maşina electrică deschisă. Un parametru important al acestei componente a zgomotului este viteza periferică a rotorului sau ventilatorului, apoi mărimea şi structura suprafeţei (mantalei) rotorului. Componenta magnetică a zgomotului ia naştere prin radiaţia oscilaţiilor pieselor constructive ale maşinii, care sînt excitate de forţe electromagnetice pulsatorii ale cîmpului din întrefier. Această componentă trebuie luată în considerare în mod deosebit la maşini şi turbogeneratoare mici şi mijlocii cu turaţie

redusă. Ea este formată din sunete pure. Parametrii importanți ai acestei componente sînt amplitudinea undei de forță produse, frecvența și ordinul ei în comparație cu frecvențele proprii, formele oscilațiilor proprii ale statoarelor, apoi rigiditatea statică a statoarelor, mărimea suprafeței lor și nivelul zgomotului aerodinamic inevitabil la frecvențele de excitație Combaterea zgomotului este eficace dacă se poate suprima peste 90% din puterea acustică inițială. Puterea acustică poate fi micșorată la diferitele surse generatoare în interiorul mașinii, la propagarea sunetului aerian și structural de la surse la suprafața mașinii și la radiația în spațiul de montare. Reducerea cauzelor producerii zgomotului se bazează pe utilizarea corespunzătoare a regulilor fizice enumerate la început. În jos reducerea este limitată de considerații economice. Pe baza cîtorva exemple din practică se arată însă că pot fi construite mașini mari și mijlocii silențioase, fără o scumpire importantă, executînd o izolare față de sunetul structural al pieselor radiante în vibrație și prin utilizarea materialelor fonoabsorbante în interiorul mașinii, obținîndu-se reduceri ale zgomotului cu 10 la 30 dB (A).

P. B.

CZ 621.313.392

Riessland, E.: **Modul de funcționare și comportare a motorului cu histerezis** (Wirkungsweise und Betriebsverhalten des Hysteresenmotors). In: Elektrie, **16** 3, mart., 1962, pag. 123—128, 9 fig.

Motorul cu histerezis este destul de puțin cunoscut de electricieni, deși principiul de funcționare a fost analizat încă la începutul veacului. Construcția acestor motoare a început de curînd și în R.D.G., prin fabricarea magneților duri, din care se confecționează o parte din rotorul acestora. De altfel, imposibilitatea de a fabrica magneți duri de calitate a întîrziat extinderea întrebuințării motoarelor cu histerezis. Autorul explică pe larg funcționarea și comportarea acestor motoare, comparîndu-le cu alte motoare electrice. Motoarele cu histerezis sînt azi nelipsite din instalațiile moderne automatizate, datorită caracteristicilor de funcționare extrem de interesante. Motorul se compune dintr-un stator construit din tablă ferosilicoasă în care sînt practicate canale, unde se plasează bobinele producătoare ale cîmpului magnetic rotitor. Statorul conține două sau trei serii de bobine, după cum este construit motorul: să funcționeze la curent alternativ, mono sau trifazic. Din acest punct de vedere, motorul cu histerezis se aseamănă cu motorul asincron. Rotorul acestor motoare se construiește dintr-un magnet permanent moale, acoperit cu o manta din magnet permanent dur. Liniile de forță ale bobinelor de cîmp străbat întrefierul, trec prin mantaua de magnet dur și sînt deviate apoi în magnetul permanent moale. Autorul demonstrează concludent cum ia naștere cuplul de rotire și care este valoarea cuplului rezistent care oprește rotirea motorului.

T. W.

CZ 621.314.212.027.81 : 631.1

M. I. Sagalov: **Transformatoare pentru clasa de tensiune 110 kV de mică putere și folosirea lor la electrificări rurale**. In: Vestnik Electroprom, **32**, 12, 1961, p. 5—10, 5 fig., 2 tab.

Folosirea substațiilor de 110/10 kV cu transformatoare de 2 500 kVA, fără întreruptoare cu ulei în partea de tensiune de 110 kV, dă posibilitatea ca în scurt timp și cu cheltuieli reduse de investiții, să se realizeze electrificarea raioanelor sătești și a unor mici puncte locuite, aflate în apropierea liniilor de înaltă tensiune de 110 kV.

Se consideră că puterea optimă pentru transformatoare de mică putere se află în limitele 1 800—3 200 kVA. Se prezintă construcția transformatorului ales (2 500 kVA), prevăzut cu dispozitiv de reglare a tensiunii sub sarcină. Miezul magnetic este realizat cu tole din oțel laminat la rece, inducția fiind de 15 000 G. Pentru comparație a fost realizat și un miez din tole de oțel cu prelucrare obișnuită (la cald), pierderile în fier la acest din urmă miez fiind de 1,5 ori mai mari decît la miezul cu tole din oțel laminat la rece. Bobinajele transformatorului nau fost realizate din conductoare de aluminiu cu secțiune dreptunghiulară și cu izolație cu hîrtie. Se analizează eficiența economică a construirii acestui tip de transformator și se ajunge la concluzia unor economii efective anale de ordinul cîtorva sute de mii de ruble, prin introducerea în exploatare a unui transformator.

A. B

CZ 621.315.614.65

D. S. Varșavschi: **Calculul caracteristicilor electrice al dielectricilor stratificați din hîrtie de condensator impregnată**. In: Electricestvo **81**, 11, 1961, pag. 78—82, 6 fig., 4 tab., 15 formule, 6 ref. bibl.

Dielectricii stratificați din hîrtie de condensator impregnată se utilizează la fabricarea condensatoarelor și în primul rînd a condensatoarelor de forță. Dată fiind necesitatea stabilirii caracteristicilor electrice ale dielectricilor amintiți în articol, autorul stabilește relațiile de calcul pe baza schemelor echivalente simple. Elementele considerate pentru calcul sînt: tgδ (factorul de pierderi) și constanta dielectrică a unei mostre formată din mai multe straturi de hîrtie impregnată. Este de menționat că autorul introduce în calcule și așa-numitul coeficient de comprimare, care este determinat de raportul dintre grosimea de calcul față de grosimea reală; diferența apare ca urmare a existenței golurilor dintre hîrtie.

În a doua etapă a lucrării se ia în considerare și influența altor elemente. Astfel, se consideră variația logaritmică a unghiului de pierderi cu umiditatea materialului, fapt constatat pe cale experimentală; pe baza acestui considerent se determină o relație mai complexă pentru tgδ.

Cunoașterea constantei dielectrice, a factorului de comprimare și a dimensiunilor materialului și a densității acestuia (îmbinat și neîmbinat) permite ușor să se stabilească rigiditatea dielectricului. Se stabilește, de asemenea, o dependență a rigidității de factorul de compresiune.

Toate concluziile stabilite de autor au fost verificate experimental, ceea ce constituie o justificare a posibilității de utilizare în calcule similare.

P. B.

CZ 621.316.36.002.

Frey G.: **Despre gradul de asprime al suprafețelor obturante la carcasele capsulate etanș ale aparatelor electrice antigrizu protejate contra exploziilor** (Über die Rauheit von Dichtflächen druckfest gekapselter Gehäuse schlagwetter — und explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel). In: Elektrie **15**, nr. 12, dec., 1961, pag. 89—94, 4 fig., 4 tabele, 1 diagr.

Prescripțiunile VDE prevăd că suprafețele de închidere (etanșare) ale aparatajelor capsulate trebuie să fie șlefuite sau frezate într-un anumit grad de netezime. S-a constatat însă că în cazul frezării acestor suprafețe, aprinderile din interior se transmit mai greu în afară decît la suprafetele șlefuite, cu toate că netezimea la acestea din urmă este mai perfectă. Se dau diferite explicații referitoare la această constatare. Astfel, se presupune că trecerea flacării prin canalele metalice produse de asperitatea îmbinărilor metalice răcește flacăra și o face inofensivă înainte de a ajunge în exterior. Explicațiile teoretice ale acestui fenomen sînt verificate prin experiențe corespunzătoare.

Sînt descrise aparatajul necesar acestor experiențe, gazele explozive utilizate, sistemul de aprindere etc. Încercările se fac la două diferite grade de asprime obținută fie prin scule de tăiere (strung sau freză), fie prin jet de nisip. Cu ajutorul unei figuri este explicată determinarea gradului de asprime. Rezultatele experiențelor (spațiul de obturație minim etc.) în funcție de gradul de asprime sînt arătate apoi în tabele și diagrame, din care se trag apoi concluziile în privința spațiului — limită la care din 50 de aprinderi interioare nu străbate nici una în exterior. Se fac, de asemenea, comparații între aluminiu și fontă în cazul diferitelor forme de netezire a suprafețelor prin strung sau jet de nisip

Ca o confirmare a rezultatelor obținute cu experiențele de mai sus sînt date cazul unui electromotor asincron cu

inele (capsulat contra exploziilor) şi cazul întreruptoarelor cu beton capsulate ale întreprinderii VEB Rvahlitz, descriindu-se în ambele cazuri rezultatele obţinute. Se trage concluzia că acceptarea unor suprafeţe aspre la protecţia contra exploziilor deschide căi noi şi economice industriei electrotehnice.

Gh. C.

CZ 621.316.57.066.6 : 621.785

O. K. Teodorovici şi G. V. Levcenco: **Funcţionarea contactelor metaloceramice pe bază de wolfram la întreruptoarele de mare putere.** In: Electricestvo **83**, nr. 2, 1962, 64—68, 5 fig. 5 ref bibl.

După ce se arată condiţiile în care lucrează contactele electrice din întreruptoarele de mare putere, se descrie modul de comportare a diferitelor tipuri de contacte, insistîndu-se asupra calităţilor pe care trebuie să le aibă materialele. Materialele pentru contacte trebuie să întrunească un ansamblu de proprietăţi din care se enumeră: o rezistenţă specifică superioară la uzură mecanică, durabilitate înaltă, rezistenţă de trecere mică şi stabilă, să permită o ajustare a contactului la forma necesară după un număr de întreruperi încă din faza încercărilor, rezilienţe înalte, conductibilitate termică şi electrică mare, rezistenţă mare la coroziune. Toate aceste condiţii pot fi îndeplinite numai de un material în care se vor asocia proprietăţile argintului şi ale cuprului pe de o parte, şi ale wolframului sau molibdenului pe de altă parte. Se arată că s-a obţinut un contact din asemenea compoziţii binare pe bază de wolfram şi cupru. Din unele fotografii expuse se pot vedea unele forme de contact — avînd schelete din wolfram în porii căruia se toarnă cupru. Compoziţia de wolfram şi cupru trebuie să conţină şi 2—3% nichel şi se folosesc pentru căptuşirea contactelor întreruptoarelor de mare putere. Se compară noul tip de contact cu contactul executat din alamă uşor fuzibilă, arătîndu-se că aliajul metaloceramic de wolfram-cupru marca AVM-30 este de 10...20 ori mai dur. În prezent s-au fabricat o serie de asemenea contacte pentru întreruptoare de 5 000 MVA şi de puteri de rupere mai mari. Se dau rezultatele experimentale privind funcţionarea noilor tipuri de contacte în unele tipuri de întreruptoare. Experienţa a arătat că folosirea contactelor din wolfram şi cupru prelungeşte durata de serviciu a întreruptoarelor de zece ori, fără să fie necesară revizia.

Efectuînd cu un întreruptor M.GG-20 întîi 100 de declanşări şi apoi circa 450 declanşări la acelaşi regim de funcţionare, s-a demonstrat că forma contactelor metaloceramice din wolfram-cupru nu s-a schimbat. În încheiere, autorul precizează care sînt perspectivele utilizării acestor noi tipuri de contacte atît la întreruptoarele în fabricaţie cît şi la întreruptoarele din exploatare.

C. A.

CZ 621.316.722.1

Deenen van I.: **Alimentaţie stabilizată cu protecţie automată.** (Alimentation stabilisée à protection automatique). In: Electronique Industrielle, mai, 1962, pag. 187—188, 2 scheme.

Autorul a conceput stabilizatorul descris în articol cu un dispozitiv cu transformatoare care protejează, în mod automat, aparatajele, de debitele sau de supratensiunile exagerate. Folosirea stabilizatoarelor de curent este azi generalizată în practica electrotehnică şi mai ales în laboratoarele de încercări ale fabricilor producătoare de material electric, radio, televiziune etc. Acestea nu sînt însă în măsură să asigure întreruperea automată a curentului în cazul unei manevrări greşite a aparatelor de către tehnicieni şi ingineri sau chiar al unui scurtcircuit întîmplător. Acest lucru s-a dovedit foarte dăunător deoarece multe aparate au fost avariate printr-o manipulare greşită din neatenţie sau scurtcircuite. Schemele detaliate prezentate permit confecţionarea, cu mică cheltuială, în orice întreprindere a stabilizatoarelor cu protecţie automată.

T. W.

CZ 621.316.722.1—523.

Stabilizator automat de tensiune (Un stabilisateur automatique de tension). In: Mécanique-Electricité, febr., 1962, pag. 60, 2 fig.

Acest tip de stabilizator automat se construieşte pentru 5,10 şi 25 kVA. Principiul de stabilizare este nou şi foloseşte metoda suprapunerii unei tensiuni proprii, în fază sau în opoziţie de fază, peste tensiunea reţelei de alimentare. Stabilizatorul este constituit din patru elemente electromecanice şi electronice distincte, un transformator de putere, un autotransformator reglabil, un servomotor şi un detector de variaţii de tensiune.

Pentru a aduce tensiunea reţelei la valoarea dorită i se adaugă sau i se scade o tensiune complementară furnizată de un autotransformator reglabil. Operaţia este ordonată de un detector electronic de variaţii de tensiune care comandă servomotorului sensul mişcării înainte-înapoi, deplasînd astfel cursorul reglabil al autotransformatorului.

T. W.

CZ 621.317.39 : 536.53 : 535.376

Leroux, J. P.: **Determinarea temperaturii de suprafaţă** (La determination des températures de surface). In: La Nature, april., 1962, pag. 179—188, 15 fig.

Determinarea temperaturii de suprafaţă este una din recentele aplicaţii ale luminiscenţei solidelor. Se ştie că determinarea temperaturii de suprafaţă a conductoarelor electrice aflate sub tensiune este o operaţie extrem de dificilă şi absolut necesară în laboratoarele fabricilor producătoare de materiale electrotehnice, fie că este vorba de conductoare, izolanţi sau de izolatoare de mare tensiune. Articolul prezintă atît latura teoretică cît şi latura practică a acestei probleme interesante. Autorul face o expunere a modului în care anumite solide devin, prin excitare, luminiscente, şi modul în care această luminiscenţă permite determinarea temperaturii de suprafaţă. Se expune metoda care a permis crearea de aparate speciale pentru a se efectua fără pericol măsurarea temperaturii de suprafaţă la solide, chiar dacă acestea sînt sub tensiune. Descrierea este foarte clară, iar figurile din text ajută la cunoaşterea fenomenelor descrise. Articolul se termină cu prezentarea unui aparat construit recent denumit „fototermometru" care permite măsurarea temperaturilor de suprafaţă cuprinse între 0°—400°C, în mai puţin de un minut.

T. W.

CZ 621.317.715 : 621.396.645.1

Amplificatoare galvanometrice. In: Electronique industrielle, mai 1962, pag. 162—166.

Întrebuinţarea amplificatoarelor s-a extins în ultimul an, cuprinzînd diverse ramuri industriale. Acestea se folosesc în special la măsurarea temperaturii cu termometre şi termocuple şi permit transmiterea datelor culese la mari distanţe. Aceste lucru este extrem de important mai ales dacă semnalul are nivel scăzut (5 mV) şi rămîne nemodificat chiar dacă a parcurs un conductor cu rezistenţa de 5 000 Ω. Minimul de la care termometrul poate transmite informaţia este de 10°C. Aceste amplificatoare permit transmisia la distanţă şi a altor parametri detectaţi mecanic. Ele înlocuiesc cu succes şi alte aparate electronice de acelaşi gen, mai ales că aduc economii în instalare prin faptul că transmiterea informaţiei se face pe un singur conductor, circuitul închizîndu-se prin pămînt. Singura măsură de precauţiune este ca rezistenţa circuitului să nu întreacă 5 000 ohmi. Amplificatoarele galvanometrice permit şi suprimarea electrică a punctului zero în măsurarea tensiunilor, a formării sumei sau diferenţei între două sau mai multe măsurări, precum şi a obţinerii unei valori medii. Acest fapt este deosebit de important mai ales în mecanizarea instalaţiilor de transport şi cîntărire unde trebuie înregistrată o valoare medie. În sfîrşit, cu ajutorul acestor amplificatoare se poate obţine produsul a două valori, cu condiţia ca una din valori să poată fi reprezentată printr-o rezistenţă variabilă şi a doua printr-o tensiune, lucru foarte important în energetică, deoarece permite măsurarea diferenţelor de temperatură între diverse circuite.

T. W.

CZ 621.317.772 : 621.313.2

W. H. Mirendorf, F. C. Weimar : **Un nou tip de tahometru.** (A new kind of Tachometer). In : Electrical Engineering, 80, nr. 8, 1961, aug., p. 590—594.

Se descrie un nou tip de tahometru care posedă o inerţie şi frecare mică, o tensiune continuă direct proporţională cu viteza şi care nu are nici un debit rezidual la turaţii zero. Deşi noul dispozitiv s-a realizat numai ca prototip, se prevede, datorită calităţilor pe care le posedă, producerea unui instrument superior tipurilor existente. Se compară noul tip de tahometru cu cele existente şi se indică avantajele şi dezavantajele dispozitivului nou. După ce se descrie noul tip de tahometru se precizează caracteristicile lui de funcţionare. Tahometrul descris se aseamănă cu un generator Van de Graaff. Piesele unui asemenea tahometru sînt cei doi electrozi şi un rotor izolat. Electrozii sînt compuşi din două şiruri de ace din oţel cu axele aşezate la anumite distanţe. Vîrfurile acelor asigură un gradient mare de potenţial prin care electronii sînt atraşi dintr-un electrod în rotor printr-un cîmp puternic. Acest tahometru cere ca elementul său rotativ să fie conectat la dispozitivul ale cărui turaţii se măsoară, ceea ce impune ca aparatul să aibă o inerţie rotorică mică. Din această cauză s-au construit două tipuri de rotoare. În primul rînd s-a realizat rotorul sub forma unui cilindru din aluminiu — înfăşurat cu o bandă de siliciu autoaderentă — acoperite cu un strat de izolant. Al doilea tip de rotor constă dintr-un tub de sticlă acoperit pe suprafaţa interioară cu vopsea de argint conductoare. S-au obţinut rezultate satisfăcătoare cu ambele tipuri de rotoare. La funcţionare normală, se aplică între electrozi o tensiune continuă suficientă pentru a crea un cîmp puternic.Sub influenţa acestui cîmp, electronii părăsesc electrodul negativ şi sînt atraşi către rotorul izolat. Electronii fiind captaţi pe suprafaţa exterioară a izolaţiei împiedică alţi electroni să părăsească vîrfurile electrodului. Dacă rotorul este în repaus, curgerea iniţială de sarcini se reduce la zero şi dispozitivul lucrează ca un condensator cu o capacitate foarte mică. Dacă rotorul se află în mişcare — suprafaţa acoperită cu electroni se îndepărtează de electronul negativ, iar alţi electroni sînt captaţi de către zonele neîncărcate ale rotorului cînd acesta trece pe sub vîrfurile electrodului. Această acţiune ar înceta după o rotaţie completă dacă electrodul pozitiv n-ar descărca rotorul. Astfel, electronii sînt readuşi la borna pozitivă a aparatului. În acest dispozitiv serie este conectată o rezistenţă la bornele căreia se măsoară debitul de curgere a electronilor. Curentul ce trece prin dispozitiv este de ordinul 25 microamperi. Tensiunea la ieşire se măsoară cu un voltmetru electronic de curent continuu. Se mai prevede un condensator montat în paralel cu rezistenţa pentru a se putea vizualiza mărimile de ieşire pe un osciloscop.

Dispozitivul descris poate fi asemănat cu o diodă în care elementul de placă este oprit de elementul izolant aşezat între anod şi catod. În articol se arată că pentru o tensiune constantă anod-catod, un tahometru dat lucrează ca un generator de curent a cărui tensiune la ieşire este direct proporţională cu turaţia. Dacă se compară tensiunea la ieşire, tensiunea aplicată şi viteza unghiulară a tahometrului cu respectiv curentul de placă, tensiunea de filament şi tensiunea de placă a diodei — analogia între tahometru şi diodă este evidentă, fapt pentru care acest aparat mai poartă denumirea şi de tahometru-diodă. Deşi tahometrul-diodă are caracteristici corespunzătoare scopului pentru care a fost realizat, autorul menţionează unele obiecţiuni ca :

— necesitatea aplicării unei tensiuni relativ înalte între anod şi catod ;

— se constată o întîrziere în timp a răspunsului tranzitoriu, datorită condensatorului de filtrare a zgomotului ;

— debitul dispozitivului scade cu creşterea gradului de umiditate a aerului.

Totodată se indică căile de remediere a neajunsurilor.

Pe lîngă avantajele amintite s-a dovedit că circuitul echivalent al aparatului corespunde funcţionării în regim permanent şi în regim tranzitoriu.

Întrucît noul tip de tahometru-diodă are o serie de caracteristici corespunzătoare scopului şi este un aparat mult superior tipurilor folosite în prezent — se recomandă extinderea prototipului şi utilizarea pe scară largă a unor asemenea tipuri de aparate.

A. C.

CZ 621.319.4.002

Neumann H., Smolka I. : **Consideraţii privind proiectarea şi executarea condensatoarelor de putere reactivă.** (Gesichtspunkte für die Konstruktion und die Herstellung von Blindleistungskondensatoren). In : Elektrie, **15**, nr. 12, dec., 1961, pag. 407—410, 4 fig., 5 diagr.

Pentru calificarea condensatoarelor se iau în considerare următorii indici : volumul specific (dm^3/kVAr), densitatea (kg/dm^3), suprafaţa specifică (dm^3/kVAr) şi preţul de cost. Dar în afară de indici trebuie să corespundă calitatea. Pentru stabilirea acesteia s-au dezvoltat în ultimul timp o serie întreagă de măsurări, respectiv s-au construit aparate de măsură. Astfel este descris în amănunt aparatajul de măsurat descărcările lente ale materialului dielectric dintr-un condensator. Intensitatea descărcărilor este arătată direct în μV, măsurările făcîndu-se la o frecvenţă de 0,15 MHz şi putînd fi şi înregistrate de un aparat corespunzător.

Cu astfel de aparataje (indicate într-o schemă) s-a putut cerceta, de asemenea, intensitatea descărcărilor în funcţie de cîmpul electric, de grosimea dielectricului, de materialul de impregnare şi de metoda de uscare şi de impregnare. Rezultatele încercărilor în mai multe variante sînt redate în diferite diagrame care prezintă, de exemplu, intensitatea cîmpului la începutul descărcării în funcţie de grosimea diferiţilor dielectrici sau intensitatea descărcărilor în funcţie de tensiunea la diferitele materiale de impregnare. Din diagrame se trag concluziile privind materialele cele mai bune pentru dielectrici şi pentru impregnare.

După cîteva consideraţii privind montarea condensatoarelor în carcasă şi formele cele mai economice ale carcaselor, sînt prezentate în două diagrame însuşirile diferitelor categorii de hîrtie, arătîndu-se avantajele tehnico-economice ale unor hîrtii superioare realizate în ultimul timp, datorită cărora s-au construit condensatoare cu un volum specific de 0,6 dm^3/kVAr.

În încheiere se arată de ce din punct de vedere al unei construcţii economice se ajunge la unitatea de 20—30 kVAr pentru condensatoarele de joasă tensiune. Pentru unităţi mai mari sau mai mici trebuie respectat principiul ca un număr cît mai mare de părţi componente să se poată utiliza la mai multe tipuri de condensatoare.

Gh. C.

RECENZII

CZ 621.313.3.012.1

Kovacs K. P.: **Componente simetrice în teoria mașinii de c.a.** (Symmetrische Komponenten in Wechselstrommaschinen). Birkhäuser Verlag Basel und Stuttgart, Elveția, 1962, 225 pag., 103 fig., 58 ref. bibl.

Binecunoscut în literatura de specialitate prin numeroasele sale lucrări teoretico-experimentale, K. P. Kovacs, membru corepondent al Academiei de Științe a Republicii Populare Ungare, își înscrie din nou numele în literatura mondială cu remarcabila lucrare „Componente simetrice în teoria mașinilor de c.a.", care reprezintă o încununare a numeroaselor cercetări întreprinse de autor în decursul anilor în acest domeniu.

Cercetător neobosit, K. P. Kovacs în această lucrare a sa reușește să pună în lumină un cerc larg de probleme de mare actualitate ale teoriei mașinilor de curent alternativ, caracteristice perioadei actuale, am putea spune critice, a dezvoltării acestei teorii, cînd teoria clasică (fizică) a mașinilor electrice cedează tot mai mult terenul teoriei moderne (matematice).

Pentru reînoirea teoriei clasice a mașinilor electrice trebuie însă prelucrat un imens material bibliografic suficient de variat, inconsecvent, pestriț și contradictoriu în conținut și formă, presărat în revistele de specialitate din lumea întreagă.

Nu este întîmplător faptul că, în ultimii ani, în literatura de specialitate n-au mai apărut lucrări de amploarea tratatelor clasice (Arnold, Richter etc.), care să abordeze pe baze principiale noi toate problemele moderne ale tuturor mașinilor electrice. Încercările făcute n-au fost încununate de succes, pentru că asemenea lucrări trebuie precedate de cercetări și discuții aprofundate necesare cristalizării principiilor metodologice, sistematizării și ordonării noilor noțiuni care au fost introduse, pentru ca astfel elementele teoriei clasice să fie integrate organic în teoria modernă. Lucrarea de față se înscrie pe această linie; este o lucrare de atitudine, cum — constatăm cu regret — apar destul de rar în ultimul timp în literatura de specialitate.

Materialul expus este încadrat în trei capitole:

I. Aplicarea componentelor simetrice în teoria mașinilor electrice.

II. Regimurile asimetrice de funcționare a mașinii asincrone.

III. Regimurile asimetrice de funcționare a mașinii sincrone.

În prefață, autorul consideră necesar să-și precizeze anumite puncte de vedere în privința așa-numitelor componente Stokvis-Fortescue, a componentelor simetrice ale valorilor instantanee, scoțînd în evidență inconsecvența ce se manifestă în literatura de specialitate de diferite limbi, confuziile care pot apărea la interpretarea fizică și matematică a acestora din urmă, indicînd în același timp, metoda pe care o va folosi pentru rezolvarea problemelor regimurilor asimetrice ale mașinilor asincrone și sincrone: metoda componentelor simetrice Stokvis-Fortescue (autorul le denumește componentele simetrice Fortescue), corelată cu vectorul spațial (reprezentativ) al sistemelor de mărimi trifazate repartizate simetric în spațiu.

În capitolul I, în continuare, autorul își fundamentează metoda matematică: stabilește convențiile de semn pentru fazorii complexi și compuși (tensiune, curent), legătura acestora cu valorile instantanee ale mărimilor complexe și cu mărimile instantanee (scalare) corespunzătoare. Stabilește apoi metrica vectorului spațial (reprezentativ) al unui sistem trifazat de mărimi scalare, expresiile instantanee ale puterii active și cuplului electromagnetic (prin intermediul vectorilor reprezentativi de tensiune și curent), ecuațiile de funcționare a circuitelor (ecuațiile tensiunilor) și scoate în evidență legătura dintre componentele simetrice Stokvis-Fortescue, valorile instantanee ale acestora (a nu se confunda cu componentele simetrice ale valorilor instantanee) și vectorul spațial pentru cazurile particulare, cînd se alimentează statorul unei mașini cu un sistem simetric de succesiune directă, simetric de succesiune inversă și un sistem asimetric.

Autorul insistă în continuare asupra diferenței principiale dintre caracterul fizic și matematic al vectorului spațial (reprezentativ) și componentele simetrice ale valorilor instantanee, afirmînd că introducerea celor din urmă este asociată cu posibilități de înțelegere și interpretare eronată. Autorul, de asemenea, afirmă că componentele simetrice ale valorilor instantanee nu sînt independente, cu alte cuvinte, că transformarea Stokvis-Fortescue aplicată valorilor instantanee n-ar fi biunivocă.

Prin forța lucrurilor, abordînd problema componentelor simetrice complexe sau complexe-instantanee spațiale sau temporale, autorul nu poate trece cu vederea celelalte sisteme de coordonate, care se folosesc în literatură: $\alpha, \beta, 0$; $d, q, 0$ și din această cauză în ultima parte a capitolului I le acordă un oarecare spațiu.

Ultima chestiune abordată în acest capitol se referă la transcrierea ecuației vectoriale a statorului dintr-un sistem de coordonate (fix) în alt sistem de coordonate (mobil față de primul).

Capitolul II este consacrat examinării diferitelor regimuri asimetrice staționare de funcționare a mașinii asincrone. Materialul expus în acest capitol este deosebit de bogat și interesant. Se analizează asimetriile care pot fi provocate de sistemul de alimentare (tensiuni), de disimetriile constructive ale înfășurărilor (număr de spire inegal, rezistențe inegale, întreruperi de faze etc.), cît și scheme asimetrice de pornire, frînare dinamică etc.

Figurile și diagramele care însoțesc materialul expus facilitează urmărirea, interpretarea calitativă a rezultatelor. Se remarcă deosebita competență a autorului în tratarea problemelor expuse în acest capitol.

Capitolul III tratează procesele tranzitorii simetrice și asimetrice ale mașinii sincrone cu poli aparenți și cu poli înecați. Se examinează de asemenea, problemele determinării experimentale a parametrilor dinamici ai mașinii și constantelor de timp. Folosind schemele electrice echivalente (incomplete), diagramele vectoriale ale tensiunilor, neglijînd rezistențele circuitelor, rezolvarea problemlor se prezintă într-o formă matematică, ce poate fi ușor urmărită, iar soluțiile ușor accesibile interpretărilor calitative. Și în acest capitol lucrarea își conservă stilul matematic unitar, concizionea și claritatea de exprimare. Totuși, se pare că materialul acestui capitol va fi însușit cu dificultate de persoanele care n-au o pregătire prealabilă în acest domeniu.

Avînd în vedere importanța principială a problemelor pe care le ridică autorul în prefață și în primul capitol, probleme care se referă la cele mai actuale aspecte ale teoriei mașinii electrice de c.a. și anume, la caracterizarea spațialotemporală a mărimilor alternative în circuite cu repartiție spațială determinată, în cele de mai jos vom analiza pe scurt aceste probleme.

Problema de bază asupra căruia K. P. Kovacs insistă se referă la oportunitatea, eficacitatea, într-o oarecare măsură, la corectitudinea aplicării așa numitelor „componente simetrice ale valorilor instantanee" și chiar a denumirii de „componente" a mărimilor complexe, care rezultă prin aplicarea transformării Stokvis-Fortescue valorilor instantanee ale mărimilor alternative, afirmînd în același timp că aceste componente nu sînt independente. Din această cauză K. P. Kovacs folosește componentele Stokvis-Fortescue pe care le corelează cu vectorul spațial (reprezentativ).

În legătură cu cele de mai sus credem că este necesar să amintim următoarele:

Criteriul analitic al independenței a două sau mai multe funcții de aceleași variabile, date într-un anumit domeniu, este exprimat prin condiția (necesară și suficientă) ca iacobianul acestora să fie diferit de zero. Iacobianul transformării Stokvis-Fortescue este identic cu iacobianul transformării Lyon, deci nu există nici un motiv pentru a se afirma că transformarea Lyon nu este biunivocă.

Referitor la corelarea fazorilor Stokvis-Fortescue cu vectorul spațial (reprezentativ), K. P. Kovacs manifestă o vădită inconsecvență. Se știe, că fazorii Stokvis-Fortescue sînt niște fazori (temporali) ficși față de sistemul complex de coordonate. Vectorul spațial (reprezentativ) în cazul general

este de amplitudine variabilă în timp, care se roteşte în spaţiul întrefierului maşinii cu viteză unghiulară variabilă. Deci componentele simtrice Stokvis-Fortescue — pure — nici nu pot fi corelate cu vectorul spaţial şi din această cauză se corelează cu aşa-numitele valori instantanee ale componentelor Stokvis-Fortescue, adică, dacă respectăm notaţiile din text, $\bar{i} = \dot{I}_1 e^{j\omega t} + \dot{I}_2^* e^{-j\omega t}$, combinîndu-se în mod tacit decalajele spaţiale, care intervin în expresia lui $\bar{i}\left[\bar{i} = \frac{2}{3}(i_a + a i_b + a^2 i_c)\right.$ unde $\left. a = e^{j\frac{2\pi}{3}}\right]$, cu defazările temporale, care se întîlnesc în expresiile componentelor $\dot{I}_1$, $\dot{I}_2^*$, fără a se face vreo precizare în acest sens.

Pe această temă ne permitem să adăugăm, ca o părere personală, aprecierea, că în cazul circuitelor cu dispoziţie spaţială simetrică componentele Stokvis-Fortescue n-au nici o semnificaţie fizică ; ele sînt nişte mărimi de calcul, în timp ce componentele simetrice ale valorilor instantanee, ca şi vectorul spaţial, reflectă în mod nemijlocit realitatea proceselor electromagnetice din maşină.

În altă ordine de idei, trebuie subliniat faptul, că în lucrare nu a fost examinată problema puterii reactive în aceste regimuri, şi, de asemenea, nu şi-a găsit locul nici problema, atît de mult discutată în ultimul timp, a diferitelor posibilităţi de scriere a ecuaţiilor Park — de funcţionare a maşinii sincrone.

În privinţa referirilor bibliografice este necesar să arătăm că acestea sînt incomplete. Faptul că nu sînt citate lucrările lui A. A. Ianco-Triniţkij (Elektricestvo, 3, 1951), E. I. Kazovskij (Citeva probleme ale regimurilor tranzitorii ale maşinilor de c.a. GEI Moscova—Leningrad, 1953), Gao.-Dzin De (Culegerea de articole a Institutului Politehnic din Leningrad nr. 209, 1960), cît şi multe alte lucrări din literatura de limbă engleză, după părerea noastră, constituie o lacună.

În concluzia celor arătate mai sus, lucrarea recenzată, cu toate observaţiile exprimate, rămîne o contribuţie remarcabilă la literatura mondială de specialitate, la consolidarea teoriei moderne a maşinilor electrice, situîndu-se din multe puncte de vedere la cel mai înalt nivel în ansamblul monografiilor consacrate analizei acestor probleme complicate.

Conf. ing. **V. N. Nedeleu**
candidat în ştiinţe tehnice

CZ 621.313.322.045.53.04'8.82—81

Disertaţia **„Cercetări teoretice şi experimentale cu privire la tehnologia de izolare a barelor de stator din turbogeneratoarele C.M.R.”**. prezentată de ing. *Aurel Nanu*, pentru obţinerea titlului de candidat în ştiinţe tehnice.

Tema se referă la o sarcină a industriei noastre constructoare de maşini, a cărei rezolvare în cele mai bune condiţii este de cea mai mare importanţă şi anume, buna comportare în exploatare şi o durată de viaţă cît mai lungă a maşinilor.

Lucrarea este actuală, deoarece construcţia turbogeneratoarelor la noi în ţară va trebui accelerată şi amplificată mult în anii ce urmează.

Progresele realizate recent în domeniul materialelor izolante noi şi al tehnologiei lor de fabricaţie fiind remarcabile şi variate, alegera judicioasă a soluţiilor tehnice şi tehnologice pune proiectanţilor probleme grele, complexe şi de o mare răspundere. În această situaţie o lucrare tehnico-ştiinţifică amplă, bazată pe teoria fenomenelor electrice, mecanice şi termice, sprijinită pe experimentarea în laborator a nu mai puţin de 24 materiale şi structuri izolante, aduce o preţioasă contribuţie întreprinderii proiectante şi constructoare.

În cele ce urmează se face un rezumat al lucrării, urmat de unele observaţii privind fondul şi forma ei.

Lucrarea este împărţită sistematic în 6 capitole bine conturate, precedate de o introducere în care se arată mai detaliat necesitatea şi importanţa cercetărilor în vederea îmbunătăţirii izolaţiei turboalternatoarelor construite la noi în ţară.

Primul capitol aduce consideraţii generale privind izolaţia înfăşurărilor statorice din turboalternatoare. Se discută influenţele supratensiunilor externe şi interne, cît şi măsurile de întărire a rigidităţii dielectrice în condiţiile grele ale unui spaţiu redus şi ale unor solicitări mecanice (vibraţii) mult mai mari decît la transformatoare.

În capitolul doi se prezintă pe scurt şi comparativ diferite tipuri ale izolaţiei principale şi ale dielectricilor utilizaţi în mod curent, anume micabandă şi micafoliu.

Capitolul trei, mult mai amplu, se referă la încercările efectuate asupra izolaţiei barelor statorice pentru verificarea rigidităţii dielectrice la solicitări de înaltă tensiune şi pentru constatarea pragului de ionizare. În acest scop se evaluează pierderile dielectrice inclusiv cele datorite polarizării interfaciale (după Maxwell-Wagner), arătîndu-se parametrii asupra cărora trebuie să se intervină prin alegerea justă a materialelor izolante şi a tehnologiei de fabricaţie spre a reduce aceste pierderi. Tot aici se prezintă instalaţia specială pentru încercarea electrică a izolaţiei turbogeneratoarelor proiectată de autor şi construită la fabrică, constînd din sursa de alimentare, staţia de înaltă tensiune şi puntea de măsură.

În capitolul patru se analizează izolaţia cu micafoliu presat la cald, în speţă structura, materialul dilectric, procesul tehnologic şi influenţele acestora asupra factorului de pierderi în funcţie de tensiunea aplicată şi de supraîncălzire

Capitolul cinci se referă în acelaşi fel la izolaţii cu micabandă compundată, care a dat rezultate mai bune faţă de izolaţia cu micafoliu presat la cald. Aici se includ şi cercetările întreprinse de autor pentru îmbunătăţirea procesului de compundare, care au dat rezultate pozitive.

Ultimul capitol se referă la noua izolaţie mixtă : micabandă compundată şi micafoliu presat la cald, care a dat de asemenea rezultate bune.

Contribuţiile cu caracter de originalitate ale autorului, sînt, după părerea noastră, următoarele :

— proiectarea şi calculul instalaţiei automatizate pentru verificarea rigidităţii şi pierderilor dielectrice ;

— îmbunătăţirea tehnologiei cu micafoliu presat la cald ;

— trecerea la sistemul de izolare cu micabandă compundată, avînd performanţe superioare ;

— îmbunătăţirea materialului şi a procesului de compundare ;

— elaborarea izolaţiei mixte micabandă compundată-micafoliu presat.

Critica acestei soluţii este adusă chiar de autor indicîndu-se superioritatea utilizării materialelor plastice care prezintă avantaje tehnice, tehnologice şi economice. Datorită evoluţiei rapide în domeniul materialelor izolante se pot aştepta noi progrese din aplicarea acestor materiale.

Avînd în vedere tendinţa modernă în fizică de a încerca fundamentarea relaţiilor macroscopice pe relaţii atomare şi moleculare, cum şi unele rezultate noi atinse în acest sens, ar fi fost, credem, util să se prezinte unele din aceste relaţii moleculare care lămuresc anumite comportări ale izolanţilor. Astfel, caracterizarea mecanismului de străpungere cu şi fără efecte termice se explică azi mai uşor pe baza modelului cu benzi de energie, decît pe baza curbelor caracteristice.

Procesele de ionizare în goluri din dielectrice sînt pasibile de asemenea de consideraţii electrice, termice şi chimice la nivelul electronilor.

Măsurările pentru depistarea pe cale electrică a proceselor de ionizare şi străpungere s-au perfecţionat în ultimul timp, ele interesînd direct fabricile constructoare. În lucrare se descriu cîteva scheme de acest fel, care au servit la efectuarea măsurărilor. Autorul a făcut o alegere judicioasă a metodelor pe care le-a întrebuinţat la instalaţia automatizată de măsurare a structurilor izolante ale turbogeneratorului studiat.

Sînt de menţionat în acest sens metodele de măsurare a pragului de ionizare a structurilor izolante pentru aplicarea cărora la I.C.E.T. s-a dezvoltat o aparatură de laborator specială.

Asupra încercărilor cu impulsuri de tensiune nu se insistă în lucrare. Ele sînt în prezent în centrul interesului, deoarece pot servi nemijlocit la defectoscopia fără distrugere a înfăşurărilor. Menţionăm că la I.C.E.T. s-a elaborat şi realizat o instalaţie complexă de laborator pentru încercarea şi defectoscopia cu impulsuri de tensiune a maşinilor electrice, şi se prevede introducerea unor instalaţii mai simple la controlul fabricaţiei curente.

În concluzie : propunerile şi realizările autorului din lucrarea prezentată au pronunţate caractere de originalitate şi se

referă la probleme de o mare importanţă şi urgenţă a industriei noastre constructoare de maşini electrice grele.

Studiul aprofundat al comportării structurilor izolante din turbogeneratorul fabricat în prezent la C.M.R. s-a efectuat mai puţin pe baza unor consideraţii teoretice, şi îndeosebi pe baze experimentale, dezvoltîndu-se o aparatură specială automatizată pentru măsurarea în uzină a parametrilor izolaţiei.

Multe din propunerile de îmbunătăţire a tehnologiei de fabricaţie şi a structurilor izolante au fost introduse în fabricaţie. Lucrarea reprezintă o bază sigură pentru cercetări viitoare.

Dr. ing. **A. Avramescu**

CZ 621.316.1.001.24

Boţan V., Constantinescu, E., Polată A. I.: **Reţele electrice — calculul electric.** Bucureşti, Editura tehnică, 1961.

Extinderea reţelelor electrice, interconectarea sistemelor energetice regionale şi crearea sistemului energetic naţional pun în faţa unui număr din ce în ce mai mare de ingineri şi tehnicieni probleme complexe, legate de proiectarea şi de exploatarea instalaţiilor.

Prezenta lucrare este astfel împărţită încît permite a fi utilizată cu mare uşurinţă în practica de proiectare şi de exploatare a reţelelor electrice.

Materialul este împărţit după o clasificare zecimală perfect consecventă în opt capitole, după cum urmează :

1. Parametrii electrici ai elementelor instalaţiilor de transport de energie electrică.
2. Calculul reţelelor electrice în funcţie de pierderile de tensiune.
3. Reglarea tensiunii în sistemele energetice.
4. Particularităţile transportului energiei electrice la distanţe foarte mari.
5. Calculul termic al reţelelor electrice.
6. Calculul economic al reţelelor electrice.
7. Sisteme speciale de transport şi de distribuţie a energiei electrice.
8. Principii de proiectare a reţelelor electrice.

Lucrarea este însoţită de o parte introductivă în care autorii se ocupă de definiţia unor termeni uzuali ca : sistem energetic, sistem electric, reţele electrice, linii electrice. De asemenea, se face o clasificare a liniilor şi reţelelor electrice din punctul de vedere al tensiunii, al curentului, al transportului şi al distribuţiei energiei electrice.

Socotim că este util faptul că autorii au introdus în această lucrare şi un calcul economic al reţelelor electrice destul de important pentru inginerii şi tehnicienii care proiectează şi exploatează reţelele electrice.

În lucrare se face expunerea tuturor problemelor importante ale calculului electric al reţelelor cu diferite tensiuni şi de diferite configuraţii, urmate de exemple întîlnite frecvent în practică.

Pe lîngă expunerea metodelor de calcul sînt tratate problemele de reglare a tensiunii în reţelele electrice — urmate de studiul sistemelor speciale de transport şi distribuţie (sistemul două conductoare-pămînt şi sistemul mixt), transportul la distanţe foarte mari.

O parcurgere a celor opt capitole poate scoate în evidenţă şi mai mult locul pe care-l ocupă această lucrare în literatura tehnică de specialitate din ţara noastră.

În capitolul I (Parametrii electrici ai elementelor instalaţiilor de transport de energie electrică), autorii expun elementele componente ale unei instalaţii, după care trec la calculul parametrilor liniilor şi al transformatoarelor, unde se dă o mare atenţie privind stabilirea condiţiilor de calcul, alegerea diverselor materiale, cît şi o îndrumare practică în stabilirea rezultatelor reieşite din proiectare.

După indicarea metodelor de calcul al parametrilor electrici ai liniilor şi ai transformatoarelor să dă o atenţie deosebită calculului electric şi mecanic al reţelelor electrice.

Astfel, calculul electric se rezumă la un calcul al reţelelor electrice în funcţie de pierderile de tensiune, în vederea asigurării parametrilor energetici ; un calcul tehnic, în vederea evitării unor pierderi mari de energie electrică, sau a avariilor cauzate de supraîncălzirea conductoarelor, un calcul economic, în vederea obţinerii unor cheltuieli reduse de investiţii şi de exploatare a reţelelor electrice.

Partea de calcul mecanic al reţelelor electrice se referă la calculul suporţilor şi conductoarelor care, bine înţeles, se face în funcţie de locul întrebuinţării (condiţii climaterice, diverse regiuni).

Capitolele indicate mai sus privind calculul electric şi mecanic al reţelelor electrice sînt destul de documentate, încît cei ce consultă această lucrare pentru proiectare găsesc material suficient fără a mai apela şi la alte tratate ; în plus se face uz de o serie de nomograme şi de alt material grafic ce uşurează mult sarcina de proiectare.

Înainte de a trece la expunerea diverselor metode de reglare a tensiunii autorii fac o serie de precizări de ordin teoretic şi practic foarte utile atît celor ce proiectează cît şi celor ce exploatează reţelele electrice.

O expunere privind particularităţile transportului energiei electrice la distanţe foarte mari (capitolul patru), cu arătarea tendinţelor actuale, este făcută de autori în introducere, unde se arată realizările cele mai importante din lume, care, după cum se ştie, sînt cele din U.R.S.S.

În acest capitol sînt studiate caracteristicile specifice de funcţionare a liniilor de transport de mare lungime şi de foarte înaltă tensiune, în curent alternativ trifazat, cele mai răspîndite astăzi şi cu cele mai mari perspective de dezvoltare în viitor, cel puţin în ţara noastră.

În capitolul cinci se face o expunere a calculului termic al reţelor electrice — unde se scoate în evidenţă şi mai mult linia modernă de tratare a problemelor prin modul de examinare a proceselor fizice, cum şi modul cum intervin acestea în stabilirea secţiunii conductoarelor.

Pe linia concepţiei moderne de tratare a problemelor se încadrează şi studiul încălzirii conductoarelor electrice în diverse regimuri de funcţionare (regimul permanent, regimul tranzitoriu), urmat de exemple practice.

Referitor la calculul economic al reţelelor electrice din capitolul şase, acesta prezintă o deosebită importanţă la stabilirea unui echilibru just între puterea instalată şi consumul de combustibil, pe de o parte, iar pe de altă parte consumul de metale neferoase.

În capitolul şapte se tratează problema sistemelor speciale de transport şi de distribuţie a energiei electrice (sistemul două conductoare-pămînt şi sistemul mixt), transportul la distanţe foarte mari cu cîteva date privind construcţia şi exploatarea liniei DCP experimentale în R.P.R. Capitolul respectiv este urmat de exemple întîlnite în practică.

Ultima parte a lucrării, capitolul opt, dă o serie de principii de proiectare a reţelelor electrice.

Majoritatea capitolelor sînt urmate de exemple numerice care ajută la înţelegerea fenomenului, la aplicarea formulelor în proiectare şi care furnizează totodată şi aprecieri utile în alegerea metodei de proiectare.

Alte paragrafe sînt urmate de probleme deosebit de necesare atît studentului cît şi practicianului care, în soluţionarea problemelor pe care le ridică practica, au neapărat nevoie de a se familiariza bine cu problemele uzuale. Aşa, spre exemplu, sînt exerciţiile date la finele fiecărui paragraf sau capitol privind în special partea de calcul electric şi parametrii respectivi ai liniilor electrice.

Exemplificarea a cîtorva date privind construcţia şi exploatarea liniei DCP experimentale din R.P.R. este foarte nimerită.

Atacarea problemelor privind calculul electric al reţelelor ; tratarea în mod complet a tuturor chestiunilor (atît a celor clasice cît şi a celor moderne), înaltul nivel ştiinţific al expunerii fac lucrarea utilă celor ce activează în institutele de proiectare, celor ce exploatează reţelele electrice, precum şi studenţilor din specialităţile corespunzătoare.

Ing. **R. Popescu**

CZ 621.313 : 621.31

Vinogrodov N. V. **Fabricarea maşinilor electrice.** Moscova, Gosenergoizdat, 1961, 320 pag.

În domeniul maşinilor electrice, lucrările dedicate problemelor teoretice şi de construcţie sînt numeroase şi corespund cerinţelor.

Nu acelaşi lucru se poate spune şi de problemele tehnologiei maşinilor electrice. Cu toate că şi aici s-au făcut progrese

mari, prilejuite în special de folosirea materialelor active noi, ca : tole laminate la rece, materiale electroizolante de clasă superioară, etc., totuşi lucrări recent apărute sînt puţine.

Lucrarea prof. Vinogradov de la Institutul Energetic din Moscova prezintă o sinteză a tehnologiei maşinilor electrice. Considerînd că problemele specifice ale tehnologiei maşinilor electrice se referă la părţile active, lucrarea tratează numai aceste probleme. De la început, autorul arată că s-a reţinut să dea în lucrare reţete şi date, caracteristice unui îndreptar, şi s-a străduit să exprime odată cu istoricul dezvoltării tehnologiei maşinilor electrice şi cele mai moderne principii ; se observă pe întregul parcurs al cărţii atenţia acordată problemelor de mecanizare şi automatizare a producţiei de maşini electrice.

Tehnologia miezurilor magnetice este tratată în două capitole distincte : 1 — ştanţarea pieselor, şi 2 — asamblarea miezurilor. În primul capitol se prezintă metodele moderne de ştanţare, punîndu-se accentul pe aspectul economic al problemei. Prin folosirea tolelor din oţel laminat la rece, de tipul E 3 20, care înlocuiesc tolele laminate la cald E 42, se pot obţine reduceri substanţiale ale gabaritelor maşinilor, ca de pildă scurtarea lungimii statorului în medie cu 10%, datorită creşterii inducţiei magnetice. Coeficientul de umplere a miezurilor laminate la rece creşte pînă la 0,95, faţă de 0,92, cît este la miezurile laminate la cald. Tolele laminate la rece se izolează cu pelicule foarte subţiri de natură anorganică, obţinîndu-se astfel o tehnologie cu posibilităţi de mecanizare.

Împreună cu metoda clasică de izolare a tolelor (lăcuirea pe ambele părţi, în scopul obţinerii unei pelicule cu grosimi între 5—20 μ), se prezintă şi metode moderne, în primul rînd metoda lăcuirii miezurilor asamblate într-o instalaţie cu ultrasunete. Pachetele presate în prealabil, sînt supuse unui tratament termic pentru decruisare într-un cuptor electric, lucrînd la temperaturi între 780—820°C pentru oţel E 31 şi 830—870°C pentru oţel E 11, timp de 2,5—3 ore. Miezurile decruisate se introduc într-o baie pe al cărei fund este montat un convertizor magnetostrictiv, cu un transformator alimentat de la un generator de medie frecvenţă cu puterea de 1,2 kW şi frecvenţa 18 kHz. Lacul folosit este de tipul nr. 7. După impregnare, miezurile se curăţă şi se introduc într-un termostat, la temperatura de 170°C, timp de două ore. Avantajele acestei metode constau în mărirea coeficientului de umplere a pachetelor pînă la 97%, micşorarea pierderilor în fier şi mărirea productivităţii şi economiei de lac pînă la 50%.

O altă metodă de izolare, şi anume oxidarea tolelor, se poate realiza prin două căi : 1 — încălzirea tolelor şi suflarea lor cu un amestec de abur şi aer, şi 2 — suflarea tolelor încălzite cu aer. Cea de-a doua cale este cea mai folosită.

În capitolele destinate bobinajelor, se acordă o deosebită importanţă izolaţiei, se studiază nu numai aspectele tehnice, ci şi cele economice (par. 8.5., p, 152—155), arătîndu-se dependenţa preţului de cost al bobinajelor în funcţie de secţiunile conductoarelor de lucru. Pentru bobinaje sînt capitole speciale, şi anume : cap. 8 — problemele generale ale fabricaţiei bobinajelor ; cap. 9 — bobinajele rotorice ale maşinilor de curent continuu ; cap. 10 şi 11 — bobinajele statorice ; cap. 12 — bobinajele rotorice fazate ; cap. 13 — bobinajele rotoarelor în scurtcircuit ; cap. 14 — bobinajele rotoarelor pentru turbogeneratoare, şi în sfîrşit, cap. 15, care este dedicat bobinelor polare.

Problema lipirii şi sudurii fiind foarte importantă în tehnologia maşinilor electrice, este tratată într-un capitol special (nr. 16). Aici sînt prezentate dispozitive moderne pentru aceste operaţii, şi se privesc critic metodele folosite în prezent. Capitolul 17 se ocupă de metodele şi materialele folosite la bandajarea rotoarelor.

Problema impregnării bobinajelor este tratată în capitolul 18. Ca element nou se prezintă metoda impregnării în lacuri cu emulsie de apă (de tipul 321 T). Aceste lacuri sînt netoxice, neinflamabile şi inerte faţă de izolaţia emailată, şi posedă o adezivitate şi capacitate de cimentare ridicate. Ele tind să înlocuiască lacurile oleo-bituminoase de clasa A (447 şi 458). Se mai prezintă metoda compundării cu mase bituminoase şi cu un compund termoreactiv cu temperatură de lucru de 130°C. Considerăm că în acest capitol trebuiau tratate şi metodele moderne de impregnare cu lacuri siliconice de clasele B, F şi H. La fel şi problema folosirii răşinilor sintetice de tip epoxidic la impregnarea şi turnarea bobinajelor separate sau a maşinilor complete de înaltă tensiune nu sînt tratate.

Capitolul 20 tratează problema controlului şi încercărilor bobinajelor. În afară de metodele obişnuite, remarcăm verificarea calităţii lipirii, prin folosirea ultrasunetelor. Această metodă se recomandă a se folosi în special la verificarea lipirilor capetelor de bobine la turbo şi hidrogeneratoare, şi se descrie dispozitivul folosit.

Capitolul 20 se ocupă de piesele mecanice componente ale maşinilor electrice, iar capitolul 21, de montajul maşinilor.

Considerăm că lucrarea este de un real folos pentru inginerii şi tehnicienii din fabricile noastre de maşini electrice şi la fel pentru studenţii facultăţilor electrotehnice cu specializare în maşini electrice.

Ing. **A. Bereu**

INVENŢII

CZ 621.313.33 : 621.791.783

Maşină rotativă pentru sudura electrică cu arc

Sînt cunoscute numeroase tipuri de maşini sau aparate de sudură. Unele dintre ele, grupurile convertizoare de curent continuu, prezintă avantajele de a permite o sudură de bună calitate caracteristică curentului continuu, chiar cu electrozi de calitate mai slabă, şi de a încărca simetric reţeaua trifazată. În schimb, aceste grupuri convertizoare sînt scumpe, grele şi cu randament relativ scăzut. Transformatoarele de sudură, care sînt cele mai răspîndite, sînt mai ieftine, au randament bun, sînt mai uşoare, dar în schimb nu dau totdeauna sudură de aceeaşi calitate şi încarcă reţeaua nesimetric.

Noul procedeu, realizat de ing. Ştefan Grosu de la uzinele „Electroputere" — Craiova, înlătură aceste dezavantaje prin aceea că foloseşte o maşină rotativă pentru sudură electrică cu arc, care, în principiu, are construcţia unui motor asincron (de obicei trifazat), avînd rotorul bobinat, cu inele şi cu perii. Pe axul motorului, la un capăt sau la ambele, se montează unul sau doi volanţi, care să înmagazineze energia mecanică. În perioadele de timp care corespund cu pauzele lucrului de sudură manuală, maşina funcţionează ca motor asincron şi rotorul, sporindu-şi viteza, înmagazinează energie cinetică în masa rotorului şi a volantului. În perioadele de sudură, prin comutarea legăturilor de la stator, se schimbă sensul cîmpului învîrtitor produs de stator. În acest fel, în rotor, care se mişcă în virtutea inerţiei în acelaşi sens ca şi înainte, ia naştere o forţă electromotoare şi un curent electric de frecvenţă mărită, luat de la perii (la început aproximativ dublă faţă de reţea), care poate fi folosit la sudură.

Reglarea curentului urmează să fie făcută printr-un reactor sau printr-un alt mijloc cunoscut.

După terminarea perioadei de sudură, prin comutarea fazelor în circuitul statorului şi prin scurtcircuitarea simultană a periilor rotorului, se trece iar la funcţionarea ca motor, perioadele arătate alternînd în timp.

Noua maşină de sudură prezintă următoarele avantaje : se pot executa cu ea suduri necesitînd o putere sensibil mai mare decît puterea reţelei de alimentare ; sudura cu arc realizată cu frecvenţă mărită este de calitate mai bună ; încărcarea reţelei trifazate se face, practic, simetric, chiar dacă arcul este monofazat, maşina este mai ieftină şi în anumite condiţii de lucru dă un randament mai bun.

Noua maşină electrică rotativă prezintă dezavantajul că nu permite decît un lucru intermitent, ceea ce, de altfel, corespunde caracterului muncii manuale, şi că manevrarea este ceva mai complicată, lucru care s-ar putea evita, eventual prin automatizare.

În concluzie, rezultă că cel puţin în cazul micilor ateliere, fixe sau mobile, unde puterea electrică este redusă, avantajele sînt preponderente.

I. L.

CZ 621.318.387 : 621.791.752

Platou electromagnetic pentru sudarea automată sub flux a tablelor

Sînt cunoscute platouri electromagnetice de diferite tipuri, unele fixe, altele reglabile, care cu ajutorul unor dispozitive cu şurub permit modificarea distanţei dintre partea mobilă şi cea fixă ; unele platouri sînt prevăzute cu transportoare cu role pentru ridicare. Platourile electromagnetice folosite prezintă dezavantajul că elementele electromagneţilor, calupurile, nu au mişcări individuale independente pe verticală, din care cauză nu se adaptează la ondulaţiile tablei şi necesită forţe mari de atracţie.

Autorii Gheorghe Berescu şi Traian Albu de la Şantierele Navale Galaţi au conceput platoul electromagnetic conform noului procedeu care înlătură dezavantajul arătat prin aceea că liniile de electromagneţi sînt flexibile pe verticală, fiind constituite din calupuri prismatice alăturate, fără joc, mobile pe verticală, care pot urmări ondulaţiile tablei.

Platoul se compune din elemenţi de calupuri *1*, prismatice, prevăzute cu un locaş circular *a* şi un întrefier *6*, sudaţi cîte doi. Perechile de elemenţi sînt cuplate cîte două printr-o punte *C*, în formă de U, constituind electromagneţi cuplaţi înşiruiţi unul lîngă altul pe nişte tuburi elastice *2*, în suportul *3* al platoului. În jgheabul construit de punţile *C* alăturate se aşază un tub elastic *4* pentru manevrarea pînzei *5*, a pernei de flux *6*, ale cărei margini sînt prinse de urechile *d* sudate de electromagneţi, suportul *3* al platoului fiind prevăzut şi cu două prispe de acces laterale *8*, situate la nivelul electromagneţilor prin ale căror locaşuri circulare *a* sînt introduse cabluri electrice flexibile *7*. Pentru utilizare, pe platou se aşază tablele de sudat, se introduce aer comprimat în tuburile elastice *2* pentru aplicarea electromagneţilor sub table, iar prin închiderea circuitului electric tablele sînt prinse rigid de platou, după care se introduce aer comprimat în tubul elastic *4*, pentru ridicarea pernei de flux sub cusătură.

Noul platou conform invenţiei prezintă avantajul că realizează forţe portante mărite, cu un consum redus de energie electrică, de asemenea realizează o manipulare comodă datorită tuburilor elastice pneumatice.

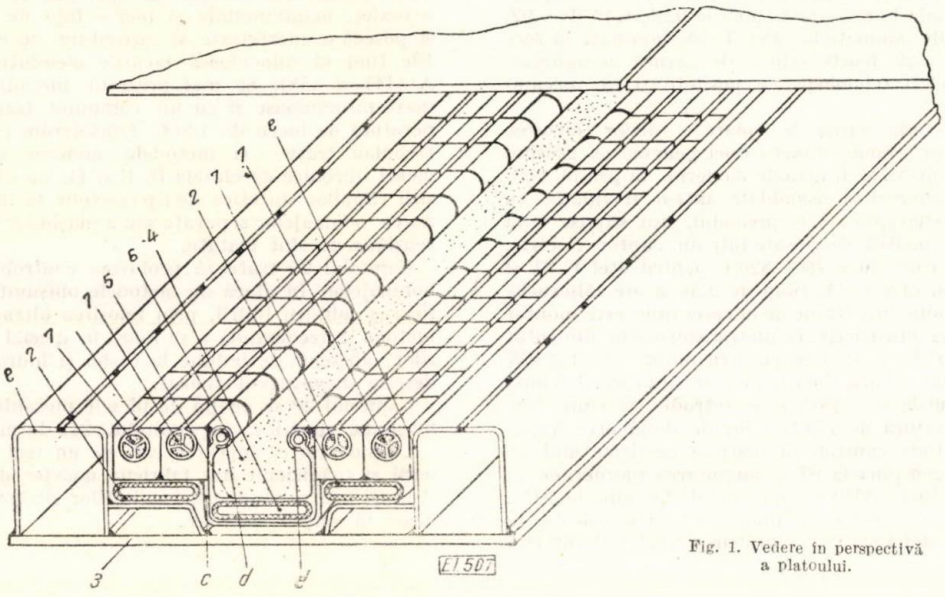


Fig. 1. Vedere în perspectivă a platoului.

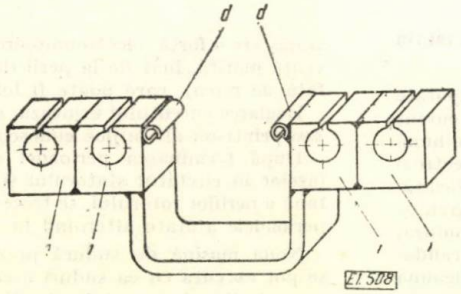


Fig 2. Vedere în perspectivă a unei perechi de electromagneţi cuplată printr-o punte.

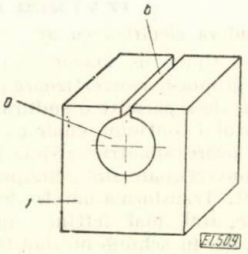


Fig. 3. Vedere în perspectivă a unui element de calup.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R. P. R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. CORLĂŢEANU, ing. ŞT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEŢ, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat.

Revista „Electrotehnica". organ al Ministerului Metalurgiei şi Construcţiilor de Maşini şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.P.R. — Redacţia şi administraţia, Bucureşti, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon : 13.84.16. Revista este editată de M.M.C.M. Abonamentele se primesc la Administraţia revistei. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinetele tehnice în contul nostru de virament : Publicaţiile Tehnice MMCM — cont 070149 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, Bucureşti. Tarif pentru întreprinderi : 100 lei anual ; tarif pentru muncitori, tehnicieni şi ingineri : lei 30 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul : Întreprinderea Poligrafică nr. 2, str. Brezoianu nr. 23—25, Bucureşti. c. 4195.

SOMMAIRE

CD 621.311 + 621.312 (47)

Avramescu, A. et *Tănăsescu, F.* : **Progrés et perspective de développement de l'industrie électrique en URSS.**

Electrotehnica, 10 (1962) no. 11, p. 401–408

CD 621.313.017.001.5

Sora, E. : **Détermination des pertes dans les machines électriques par des essais de lancement.**

Electrotehnica, 19 (1962) no. 11, p. 408–410

Les relations de calcul indiquées dans la littérature sur le calcul des pertes mécaniques, dans le fer et par la ventilation dans les machines sont approximatives en ce qui concerne le développement du phénomène physique et l'application des méthodes expérimentales afin de déterminer ces pertes est impérative. L'article analyse la méthode de retard et indique un schéma et une methode d'étalonnage de l'oscillogramme obtenue. On fait mention des résultats expérimentaux obtenus.

CD 621. 318.22.017.3.002.2

Fugaru, C. et Nistor, Gh. : **Le traitement thermique de la tôle siliceuse à pertes réduites, laminée à froid utilisée dans l'industrie électro-technique.**

Electrotehnica, 10 (1962) no. 11, p. 411–419

L'article décrit un four du type cloche pour le traitement de la tôle laminée à froid dans une atmosphère réductrice d'azote et d'hydrogène, ainsi que les installations annexes du four. On établit la durée du cycle de traitement et la composition du gaz. On indique les resultats obtenus avant et après le traitement dans un appareil Epstein et dans des transformateurs.

CD 621.315.61.004.64

Popescu, Ch., Raicu, V. et *Lefter, C.* : **Les lois de la durée de service des matériaux électroisolants.**

Electrotehnica, 10 (1962) no. 11, p. 419–425

L'article montre le rapport qui existe entre la durée d'utilisation des matériaux électroisolants — dont dépend la durée de service des machines — et la température, facteur déterminant du vieillissement de l'isolation. On présente les considérations qui régissent l'élaboration de ces lois, dont la premiére a été établie d'une maniére empirique tandis que la deuxiéme a utilisé la cinétique des réactions chimiques monomoléculaires.

CD 621.317.382.016.313 : 538.632.

Fränkel, D. et *De Sabata, I.* : **Mesure de la puissance fluctuante et de la puissance de dissymétrie à l'aide de générateurs Hall.**

Electrotehnica, 10 (1962) no. 11, p. 425–427

La somme des composantes alternatives des tensions Hall a une amplitude proportionelle à l'amplitude de la puissance fluctuante dans les schemas de mesure de la puissance active et à celle de la puissance de dissymétrie dans les schémas de mesure de la puissance réactive. Jusqu'à présent, ces grandeurs n'ont pas été mesurées dans les réseaux triphasés à tension de ligne dissymétrique.

COMPTES–RENDUS, 428–431
REFERATES, 432–435
CHRONIQUE, 435–436

CONTENTS

DC 621.311 + 621.312 (47)

Avramescu, A. and *Tănăsescu, F.*: **Progress and prospect of electrical and electrotechnical industry in the USSR**

Electrotehnica, 10 (1962), No. 11, p. 401–408

DC 621.313.017.001.5

Sora, C.: **Losses in electric machines determined by running up tests.**

Electrotehnica, 10 (1962) No. 11, p. 408–410

As the calculus relations, pointed out in the scientific press for the calculation of mechanical, iron and ventilation losses are approximate regarding the development of physical phenomenon, experimental methods are imperative for determining the losses. The author investigates the slowing-down method and continues by presenting a diagram and the checking up method of the oscillogram. Test results are also included.

DC 621.318.22.017.3.002.2

Fugaru, C., Nistor, Gh.: **Heat treatment of siliceous cold rolled sheet with small losses, used in electrotechnical industry.**

Electrotehnica, 10 (1962) No. 11, p. 411–419

The authors describe a bell furnace for the treatment of cold rolled sheet in a reducing hydrogen and azote atmosphere and the furnace mountings. They mention the treatment cycle period and the gas mixture composition and shows the results obtained before and after the treatment in the Epstein device and in the transformer.

DC 621.315.61.004.64.

Popescu, Ch., Raicu, V. and *Lefter, C.*: **Service life laws of electric insulating material**

Electrotehnica, 10 (1962) No. 11, p. 419–425

The service life of electric insulating materials wich governs the life of machines is closely related to temperature, decisive aging factor of the insulation. In this article the authors mention also the reasons leading to the elaboration of these laws, the first being established on empirical basis, the second using the kynetics of monomolecular chemical reactions.

DC 621.317.382.016.313 :538.632

Fränkel, D. and *De Sabata, I.*: **Measuring the fluctuating power and the nonsymetrical power with Hall generators**

Electrotehnica, 10 (1962) No. 11, p. 425–427

The sum of alternative components of Hall voltages has an amplitude proportional to the amplitude of fluctuating power in the measuring schemes of real output and to the nonsymmetrical power in the measuring schemes of wattless output. These values were not measured until now in three-phase systems with non-symetrical line voltages.

REVIEWS, 428–431
REPORTS, 432–435
CHRONICLE, 435–436

TITLURI DOCUMENTARE

CZ 621.313 **MAȘINI ELECTRICE**

CZ 621.313.32

Pavlasek, F.

Măsurarea caracteristicilor de cuplu în motoarele asincrone de mare putere. În : Elektrotechnicky Obzor, 50, nr. 3, 1961, p. 161—164, 10 fig.

CZ 621.313.322 : 621.316.722.1.078

Führer, H.

Contribuție la problema reglării automate a tensiunii la generatoarele sincrone fără mașini de excitație. În : E. und M., 78, nr. 22, 15 mai 1961, p. 655—661, 8 fig., 10 ref. bibl.

CZ 621.313.322.001

Matena, S.

Fenomene electromagnetice tranzitorii într-o mașină sincronă. În : Elektrotechnicky Obzor, 50, nr. 4, 1962, p. 197—206, 1 fig.

CZ 621.313.323.018.6

Hannakam, L., Concordia, C.

Stabilitatea limită a motoarelor sincrone. În : Power App. & Syst., nr. 58, feb, 1962, p. 1136—1141, 10 fig., 4 ref.

CZ 621.313 – 712

Bobek, K.

Forme constructive pentru mașini electrice mari fără consum de apă de răcire. În : E. und M., 78, nr. 21, 1 nov. 1961, p. 627—634, 11 fig.

CZ 621.314

TRANSFORMATOARE, CONVERTIZOARE, REDRESOARE

CZ 621.314.12 : 537.56

Veverka, A.

Contribuții la măsurarea ionizării în transformatoare. În : Elektrotechniky Obzor, 50, nr. 4, 1961, p. 192—196, 4 fig.

CZ 621.314.2 : 518.4

Durrande, M. D.

Metode generale de calcul mecanografic al transformatoarelor de putere. În : Bul. Soc. Franc. Electr., 8, tom 2, nr. 22, oct. 1961, p. 587—596, 12 fig.

CZ 621.314.2 : 621.317.392

Torseke, L.

Transformatoarele de mare putere ASEA pentru laboratoarele Ludvika. În : ASEA Journal, 35, nr. 1—2, 1962, p. 8—13.

CZ 621.314.222 : 621.315.61

Kozma, A. A.

Prevenirea umezirii izolației transformatoarelor și stabilizarea proprietăților uleiului de transformator. În : Elektr. Stanții, 32, nr. 11, 1961, p. 76—79, 4 fig., 4 tab, 2 ref. bibl.

CZ 621.314.263

Schroeder, J. W.

Triductor trifazat pentru alimentarea mașinilor asincrone. În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A) 83, nr. 15, 16 iulie 1962, p. 491—494, 9 fig., 3 ref. bibl.

CZ 621.314.58 : 621.382.233

Swoboda, R.

Celule cu siliciu cu comandă și aplicația lor. În : Elektrotechn. Z. (ETZ-B) 14, nr. 14, 9 iulie 1962, p. 369—374, 16 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.314.6 : 621.315.592

Hoffman, H.

Contribuții asupra evaluării duratei de trecere a curentului în calculul redresoarelor cu semiconductoare cu sarcină asupra condensatoarelor. În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A), 83, nr. 16, 30 iulie, p. 527—530, 8 fig.

CZ 621.314.63

Parigi, G.

Semiconductoare pentru grupa redresoarelor de putere. În : Eletrotecnica, 49, nr. 3 bis, mart. 1962, p. 183 - 200, 20 fig., 30 ref. bibl.

CZ 621.315

CONDUCTOARE, MATERIALE IZOLANTE, IZOLATOARE

CZ 621.315.4 : 621.314.63

Zdenek, K.

Calculul bobinelor de reglaj al redresoarelor cu semiconductoare. În : Elektrotechnicky Obzor, 50, nr. 3, 1961, p. 156—161, 7 fig.

CZ 621.315.53

Holodnii, D. S.

Conductoare de aluminiu cu izolație de oxid. În: Elektricestvo, 82, nr. 3, mart. 1962, p. 63—67, 4 fig., 3 tab., 10 ref. bibl.

CZ 621.315.614.6 : 621.314.212

Jiri, S., Jaroslav, S.

Îmbătrînirea izolației în hîrtie în transformatoarele în ulei. În : Elektrotechnicky Obzor, 50, nr. 3, 1961, p. 169—172, 6 fig.

CZ 621.315.615.2.001.5 :54.6

Serboli ș. a.

Inhibiția uleiurilor izolante. În : Elektrotechn. Z. (ETZ-A), 83, nr. 16, 30 iulie 1962, p. 5, 530—532 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.315.62 : 537.722

Tasheva, E. B.

Cercetarea în baie electrolitică a izolatoarelor de înaltă tensiune care funcționează sub ploaie. În : Elektricestvo, 82, nr. 3, mart. 1962, p. 69—76, 6 fig., 5 ref. bibl.

CZ 621.315.622.2.015.51

Korbut, V. E. și alții

Studiul caracteristicilor de deseărcare a izolatoarelor contaminate. În : Elektricestvo, 82, nr. 3, mart. 1962, p. 76—81, 2 fig., 16 ref. bibl.

CZ 621.316.5

DESCHIDEREA ȘI ÎNCHIDEREA CIRCUITELOR : APARATE ÎNTRERUPTOARE.

CZ 621.316.5/9 : 518.5

Crugnola, B. M.

Aplicarea calculului electronic la echipamentul electric. În : Bull. Soc. Franc. Electr. 8, tom 1, nr. 22 oct. 1961, p. 597—604, 7 fig.

CZ 621.316.545.027.5/6

Hollmann, F.

Secționoare pentru ruperea în sarcină de tensiune mijlocie. În : Elektrotechn. Z. (ETZ — B), 14, nr. 15, 23 iulie 1962, p. 393—398, 13 fig., 11 ref. bibl.

CZ 621.316.57.027.2 : 621.316.925

Winship, R. L.

Dispozitiv statie de declanșare la supracurent pentru întreruptoare de joasă tensiune. În : Electr. Engng., 80, nr. 11, nov. 1961, p. 837—841, 7 fig.

CZ 621.3.7.5

MĂSURA MĂRIMILOR ELECTRICE. APARATE ELECTRICE DE MĂSURĂ

CZ 621.317.3.025

Angersbach, F.

Măsurarea precisă a curentului, a tensiunii și a puterii alternative. În : A.T.M., nr. 310, nov, 1961, p. 241—242, 5 fig., 6 ref. bibl.

CZ 621.317.31/32.024.

Hamadi, A. R.

Procedeul de măsurare în domenii largi ale tensiunilor și curenților continui. În : A.T.M. nr. 310, nov. 1961, p. R149—R 153, 16 fig., 7 ref. bibl.

CZ 621.317.4 : 621.318.435 : 62.374

Käs, G.

Măsurări magnetice ale miezurilor la modulația prin impulsuri. În : Elektron. Rdsch., nr. 11, nov. 1961, p. 517—520, 15 fig., 8 ref. bibl.

CZ 621.317.7 : 621.316.9

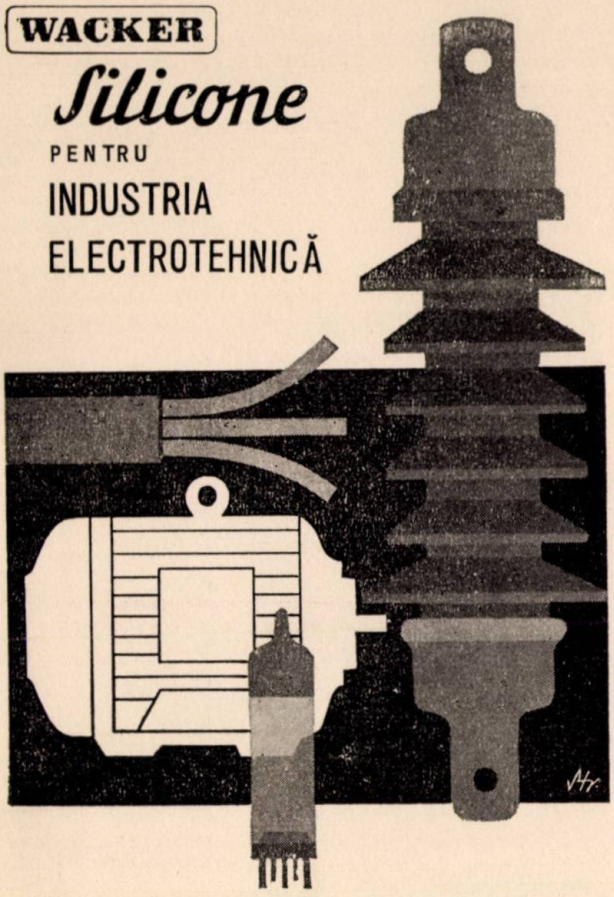
Bulicev, V.

Protecția față de suprasarcini a aparatelor electrice de măsurat. În : Radio, nr. 11, nov 1961, p. 53, 4 fig.

WACKER

Silicone

PENTRU
INDUSTRIA
ELECTROTEHNICĂ



Uleiuri siliconice

de exemplu drept agenţi de răcire pentru tuburi amplificatoare, umplutură pentru condensatoare şi transformatoare, drept uleiuri pentru pompe de difuzie şi ca medii de vaporizare

Paste siliconice

de exemplu drept materiale electroizolante materiale de acoperire pentru cristale; pentru evitarea străpungerilor şi curenţilor de dispersie la izolatoare şi instalaţii de comutaţie

Grăsimi siliconice

de exemplu agent de ungere pentru motoare de ventilaţie şi instalaţii de uscare, pentru demaroare şi electromotoare care sînt supuse la temperaturi înalte.

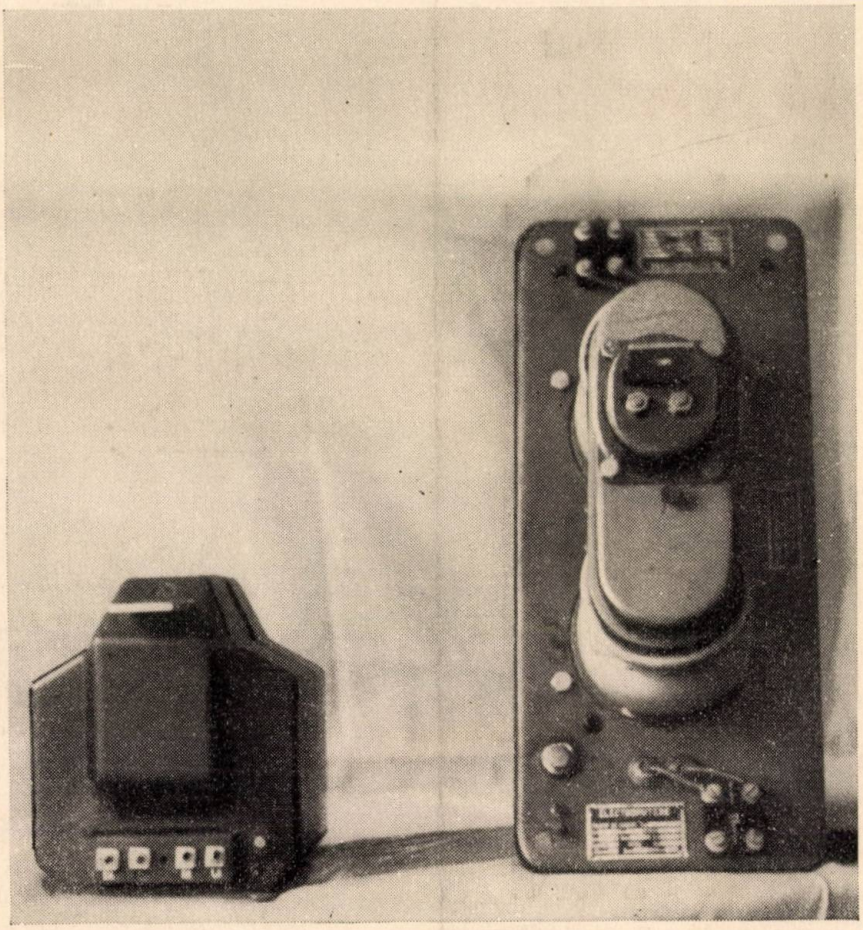
Vă sfătuim cu plăcere şi vă punem la dispoziţie prospecte.

WACKER

WACKER–CHEMIE GMBH
München 22, Căsuţa poştală 1
REPUBLICA FEDERALĂ GERMANĂ

Abonaţi-vă la revistele:

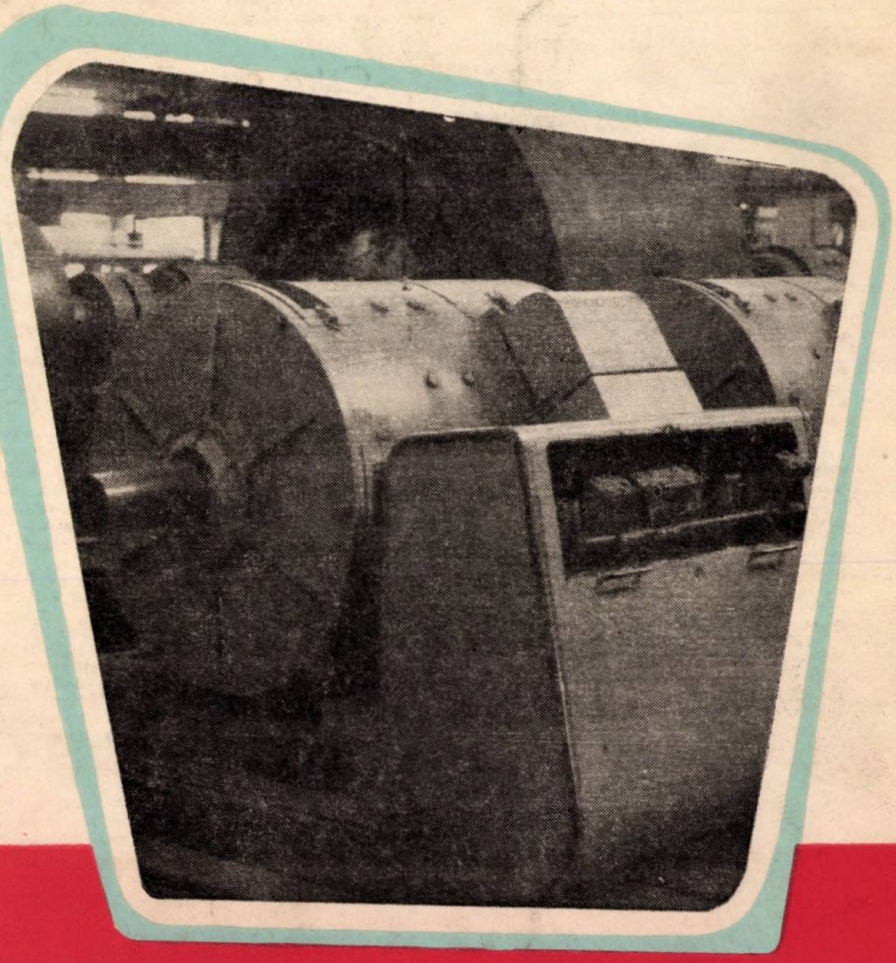
- METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
- ELECTROTEHNICA
- AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA



E - 2040

R

ELECTROTEHNICA



12

Electrotehnica — București ★ Anul 10 ★ nr. 12 ★ p. 437 — 472 ★ decembrie 1962

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt : de importanţă generală, tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale şi tehnice obişnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calităţii produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 4—5 rînduri, va fi anexat lucrării.

6. În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei : de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultate obţinute cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările materiale vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului.

10. Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît cele speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus în paranteză), ediţia, editorul, locul editurii, anul. Pentru articole : numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus în paranteză), revista, volumul, numărul, luna şi anul, paginile.

12. Scrisul la maşină al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină faţă, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

14. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. În notă se vor indica : titluri, funcţii, localitatea şi adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vitoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură faţă de manuscris.

Către cititorii noştri

În scopul mobilizării inginerilor şi tehnicienilor noştri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreţe trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătăţirea produselor, reducerea preţului de cost, creşterea productivităţii muncii, comitetul de redacţie a luat numeroase măsuri privind îmbunătăţirea continuă a conţinutului şi aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicaţii şi îndrumare pentru a putea fi aplicate în mod raţional. Unele explicaţii se dau mai jos, iar pentru informaţii de detaliu rugăm pe cititorii noştri să se adreseze direct redacţiei revistei noastre.

Revista cuprinde următoarele părţi : partea de fond, partea documentară şi inseratele.

1. Partea de fond conţine : articole, note, discuţii, referate, recenzii, norme şi standarde, şi cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică şi o listă alfabetică de autori, cu scopul ca partea de fond să se detaşeze, să se lege, formînd colecţia revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziţii, comentarii faţă de evenimentele politice, economice şi tehnice de importanţă mare.

Articolele tehnico-ştiinţifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză ; se publică în condiţiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacţională, destinată a situa articolul în tematica revistei şi în problematica actuală a domeniului cu sublinierea importanţei sau a interesului pe care le comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri de articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a uşura regăsirea unui articol într-o colecţie de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fişele documentare ale sumarelor în limba română şi în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor şi pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

În acelaşi timp, sumarele pe fişe (vezi mai jos) şi tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii uşoare a unui articol în colecţie.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte şi de o importanţă mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de originalitate, se clasifică zecimal şi se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuţii asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziţia luată în problema respectivă şi răspunsul dat, se admit fără ca redacţia să ia un angajament sau responsabilitatea în ce priveşte părerile exprimate. Discuţiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori şi cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necifrice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din ţară şi din străinătate, care se consideră de către redacţie a fi interesante şi utile cititorilor. Indicaţia bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele şi referinţe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample şi critice ale unor lucrări de anvergură, cărţi, monografii, disertaţii. Recenzorii se aleg de către redacţie dintre persoanele competente în domeniul respectiv şi care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă şi să permită îmbunătăţiri la o nouă ediţie.

1.6. Normele şi standardele constituie o rubrică de prezentare a ultimelor ştiri privind redactarea şi apariţia de norme şi standarde în ţară şi străinătate (norme internaţionale).

1.7. Cronica serveşte la anunţarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul respectiv : congrese, conferinţe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată faţă de trecut, avînd în vedere nevoia actuală de a promova şi îmbunătăţi documentaţia tehnico-ştiinţifică în masa inginerilor şi tehnicienilor.

2.1. Sumarele sînt redactate în patru limbi, sub formă de fişe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificaţie zecimală şi referinţe bibliografice normale (denumirea şi numărul revistei se repetă pe fiecare fişă). Dispuse pe fanioane care se detaşează la scoaterea broşelor fiecărui număr), ele sînt destinate a fi decupate şi ordonate în fişiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din ţară şi străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii sau tehnicienii noştri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

3. Inseratele sînt :

3.1 Anunţuri de evenimente şi apeluri către citiori sau autori.

3.2. Reclame şi prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din ţară şi străinătate.

Condiţiile pentru inserarea de anunţuri şi reclame se comunică de către redacţie celor interesaţi.

Redacţia speră ca prin aceste măsuri să fie acţionat în interesul cititorilor şi îşi propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă şi mai interesantă.

ELECTROTEHNICA

Anul 10 nr. 12 decembrie 1962

CUPRINS

CZ 621.313.333 : 621.317.381

Bălă, C., Bărgăuanu, M. : **O metodă experimentală directă pentru determinarea caracteristicii mecanice a motoarelor electrice.**

Electrotehnica *10* (1962) 12. 437–440

Se propune o metodă oscilografică inedită pentru ridicarea caracteristicii mecanice a motoarelor electrice la pornirea în gol; pentru măsurarea cuplului se utilizează traductoare piezoelectrice, iar pentru măsurarea vitezei, un tahogenerator de curent continuu. Metoda a fost aplicată pentru ridicarea curbei cuplului funcție de alunecare la motoare asincrone de putere mijlocie, de fabricație românească și străină. Se prezintă oscilogramele ridicate, precum și concluzii privind aplicarea acestei metode.

CZ 621.314.212,002.2

Năzdrăvan, I., Toma, Gh., Şarpe, M. și *Rădulescu, C* : **Principiile constructive, tehnologice și de fabricație ale seriei unitare de transformatoare cu înfășurări din aluminiu pînă la 1 600 kVA și 35 kV.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, p. 441–449

Se prezintă considerațiile constructive și tehnologice care au stat la baza executării seriei unitare. Se arată construcția diferitelor subansamble scoțîndu-se în evidență elementele comune pentru mai multe transformatoare în cadrul fiecărui ansamblu care au permis tipizarea tehnologiei și adoptarea unor fluxuri de fabricație continuă. Se subliniază avantajele economice, tehnologice și de fabricație ale asimilării seriei unitare de transformatoare.

CZ 621.315.616.9 : 621.313.045

Lefter, V. : **Utilizarea materialelor electroizolante moderne în construcția mașinilor electrice de joasă tensiune.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, p. 449–454

Autorul examinează elementele componente ale izolației mașinilor electrice pe baza unei scheme generale de izolație valabilă atît pentru mașinile de curent continuu cît și de curent alternativ. După trecerea în revistă a principalelor tipuri de materiale electroizolante de clasă superioară clasei de izolație A folosită în construcția de mașini electrice și evoluția utilizării acestor materiale văzută de autor pentru perioada 1960—1965, se dau soluții de scheme de izolație de clasă E, B și F și recomandări pentru clasa H.

CZ 621.315.611 : 621.317 333.1

Popescu, Chr., Raicu, V., Lefter, C. : **Incercările funcționale accelerate de durata de viață a materialelor electroizolante.**

Electrotehnica *10* (1962) 12, p. 454–462

În ultimii zece ani, în cele mai multe țări producătoare de mașini și aparate electrice, se execută încercări funcționale accelerate de materiale și sisteme de materiale electroizolante în scopul determinării într-un timp scut a duratei de viață a acestora în condiții analoge celor din exploatare. Se indică principiile încercărilor funcționale, modul de executare a acestora pentru sisteme de izolație destinate motoarelor electrice asincrone de 1—40 CP cu înfășurări din bobine moi și rezultatele obținute ca urmare a unor cicluri de astfel de încercări, executate pe motorete, respectiv pe motoare întregi, precum și corelația dintre acestea.

DISCUȚII

CZ 621.313.322.029.45 : 535.521.3

Asupra teoriei generatorului trifazat de înaltă frecvență.

Electrotehnica 10 (1962) 12, p. 463

INVENȚII, p. 463—464

RECENZII, p. 465

SCURTE ȘTIRI, p. 466

CRONICĂ, p. 467—468

REFERATE, p. 468—472

Fotografia de pe coperta I reprezintă un convertizor pentru încercarea motoarelor de tracțiune, iar fotografia de pe coperta a IV-a reprezintă diverse tipuri de transformatoare de curent în rășini de turnare.

ELECTROTEHNICA

ORGAN AL MINISTERULUI METALURGIEI ŞI CONSTRUCŢIILOR DE MAŞINI ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR

Anul 10 nr. 12 Bucureşti, decembrie 1962

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

O metodă experimentală directă pentru determinarea caracteristicii mecanice a motoarelor electrice

C. Bălă şi M. Bărgăuanu* – Bucureşti

În lucrare se propune o metodă oscilografică inedită pentru ridicarea caracteristicii mecanice a motoarelor electrice la pornirea în gol; pentru măsurarea cuplului se utilizează traductoare piezoelectrice, iar pentru măsurarea vitezei un tahogenerator de curent continuu.

Metoda a fost aplicată pentru ridicarea curbei cuplului funcţie de alunecare la motoare asincrone de putere mijlocie de fabricaţie romînească şi străină. În lucrare se prezintă oscilogramele ridicate, precum şi concluzii privind aplicarea acestei metode.

CZ 621.313.333 : 621.317.381

Datorită dificultăţilor de calcul, în teoria maşinilor electrice şi la proiectarea acestora, nu se poate ţine seama exact de influenţa neliniarităţii caracteristicii de magnetizare a impreciziilor de execuţie, iar evaluarea prin calcul a cuplurilor şi forţelor de trepidaţie produse de armonicile curenţilor şi cîmpului magnetic din întrefier este aproximativă. De aceea, pe baza ipotezelor, diferite întrucîtva, în numeroase tratate de specialitate se întîlnesc recomandări deosebite şi uneori chiar contradictorii pentru alegerea numărului de crestături în rotorul motoarelor asincrone cu colivie în rotor. Experimental, s-a constatat că o parte din numerele de crestături stabilite prin calcul ca fiind nefavorabile nu conduc în practică la forţele de trepidaţie aşteptate, putînd fi alese în consecinţă la proiectarea maşinilor asincrone. De aici a rezultat interesul de a dispune de o metodă pentru ridicarea curbei cuplului produs de maşină în funcţie de turaţia rotorului.

Problema determinării experimentale a caracteristicii mecanice a motoarelor electrice, şi îndeosebi a motoarelor asincrone, a format obiectul a numeroase publicaţii.

Principalele metode utilizate curent pînă în prezent sînt metode indirecte [1] prin care se măsoară fie cuplul de accelerație $2\pi\Theta \frac{dn}{dt}$ (Θ fiind momentul de inerţie, iar $\frac{dn}{dt}$ — derivata vitezei de rotaţie în raport cu timpul), fie produsul dintre tensiunea electromotoare indusă de cîmpul magnetic din întrefier şi curentul rotorului. Ambele metode sînt indirecte fiindcă ele nu permit măsurarea directă a cuplului mecanic sau electromagnetic. Prin prima metodă se măsoară fie o tensiune proporţională cu turaţia şi deci $n = f(t)$, urmînd să se determine curba $\frac{dn}{dt}$ pe cale grafică, fie că se obţine direct derivata acestei tensiuni cu ajutorul unui dispozitiv inductiv sau un circuit de derivare $R-C$. Apoi, ţinînd seama de cuplul corespunzător pierderilor mecanice şi suplimentare se calculează cuplul electromagnetic. Cea de-a doua metodă implică realizarea unei înfăşurări suplimentare aşezată cît mai aproape de rotor pentru măsurarea tensiunii electromotoare induse în maşină şi necesită aparate speciale pentru efectuarea produselor dintre tensiunile electromotoare şi curenţii din rotor; de altfel, această metodă se poate aplica numai la motoarele asincrone cu rotorul bobinat, întrucît la acestea se poate obţine uşor curentul din rotor. Ridicarea curbei cuplului la motoarele avînd rotorul bobinat prezintă un interes redus.

O metodă directă utilizată în cazuri speciale este metoda vitezei impuse. În acest scop, se utilizează o maşină de curent continuu, de putere relativ mare, astfel încît puterea motorului asincron de încercat să fie comparabilă cu pierderile din maşina de curent continuu; cele două maşini sînt cuplate mecanic între ele şi

* Ing. *C. Bălă* este şef de laborator la Institutul de energetică; ing. *M. Bărgăuanu* este cercetător principal la Institutul de energetică.

sînt alimentate de la surse corespunzătoare. Statorul motorului asincron acționează un dispozitiv de cîntărire, care servește la măsurarea cuplului ce se exercită în regim staționar asupra statorului. Metoda se aplică îndeosebi la motoare asincrone de puteri mici (sub 1 kW) și permite ridicarea caracteristicii mecanice punct cu punct, fără a se putea lua însă în considerație influența regimului tranzitoriu al proceselor electromagnetice, atît de pronunțată îndeosebi la mașinile cu moment de inerție redus [2].

1. Măsurarea cuplului cu ajutorul traductoarelor piezoelectrice

a. *Despre traductorul piezoelectric*

Utilizarea efectului piezoelectric descoperit în 1880 de Curie, la măsurarea mărimilor neelectrice, este aplicată de cîteva decenii [3], [4], [5].

Pe fețele unei lame tăiate dintr-un bloc de cuarț cristalizat, în sistem romboedric (cu o axă de simetrie ternară și trei axe de simetrie binare), apar sarcini electrice de semne contrarii, dacă lama are fețele normale pe una dintre axele electrice și este supusă la întindere sau comprimare după direcția acestei axe.

Sarcina electrică q de pe armăturile metalice așezate pe fețele lamei este proporțională cu forța F aplicată:

$$q = k F, \tag{1}$$

factorul de proporționalitate k avînd valoarea $0{,}21 \cdot 10^{-7}$ C/N.

Valoarea sarcinii electrice nu depinde direct de dimensiunile lamei, ci de forța aplicată; ținînd însă seama de eforturile mecanice maxime admisibile, sarcina maximă care se poate obține este proporțională cu suprafața lamei.

Presiunea maximă admisibilă cînd repartiția presiunii este uniformă are valoarea de aproximativ 50 N/mm^2.

Lama de cuarț este absolut omogenă, nu prezintă histerezis, răspunsul traductorului este foarte rapid, sarcinile electrice apărînd practic instantaneu după ce a fost aplicată forța; proprietățile cristalului variază puțin cu temperatura. Rezistivitatea ρ a cristalului de cuarț variază sensibil, dar este încă peste 10^{13} Ω cm, la o temperatură sub 100°C.

Modulul de elasticitate este cuprins între $8 \cdot 10^6$ N/cm^2 și $10 \cdot 10^6$ N/cm^2.

Aplicînd o forță F asupra unei mase m care acționează asupra traductorului piezoelectric TP, de rigiditate c_p, prin intermediul unei tije metalice de masă neglijabilă și rigiditate mecanică c_t (fig. 1), ecuațiile de mișcare sînt:

$$m \frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} + k \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + c_p x_p = F, \tag{2}$$

$$x_p + x_t = x, \tag{3}$$

$$c_p x_p = c_t x_t, \tag{4}$$

unde k este constanta de amortizare a sistemului, iar x_t și x_p sînt contracțiile tijei și traductorului piezoelectric. Ecuația de mișcare se

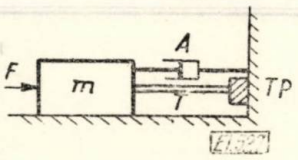


Fig. 1. Traductor piezoelectric TP sub acțiunea forței F prin masa m, tija metalică T și amortizorul A.

obține înlocuind în ecuația (2) pe x_p rezultat din ultimele ecuații (3) și (4):

$$m \frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} + k \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + c\, x = F', \tag{5}$$

în care:

$$c = \frac{c_p c_t}{c_p + c_t}. \tag{6}$$

În cazul unei amortizări mici și traductorul în repaus în momentul inițial, soluția ecuației este [6]:

$$x = \frac{F}{c}\left[1 - \mathrm{e}^{-k/2m \cdot t}\left(\cos\omega_k t + \frac{k}{2m\omega_k}\sin\omega_k t\right)\right], \tag{7}$$

în care:

$$\omega_k = \sqrt{\frac{c}{m} - \left(\frac{k}{2m}\right)^2}. \tag{8}$$

În cazul amortizării critice ($\omega_k = 0$), soluția ecuației este:

$$x = \frac{F}{c}\left[1 - \mathrm{e}^{-\sqrt{\frac{c}{m}}t} - \sqrt{\frac{c}{m}}\, t\, \mathrm{e}^{-\sqrt{\frac{c}{m}}t}\right]. \tag{9}$$

O ecuație asemănătoare rezultă și în cazul unui corp de masă m, asupra căruia se exercită un cuplu M_a:

$$\Theta \frac{\mathrm{d}^2 \alpha}{\mathrm{d}t^2} + k R'^2 \frac{\mathrm{d}\alpha}{\mathrm{d}t} + c R'^2 \alpha = M_a, \tag{10}$$

în ipoteza că amortizorul și traductorul acționează la distanța R' de axa de rotație, iar α — unghiul de rotație.

Exprimînd momentul de inerție Θ în funcție de masa m și raza R, ecuația (10) devine:

$$\frac{m}{2}\left(\frac{R}{R'}\right)^2 \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + k \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + c x = \frac{M_a}{R}. \tag{11}$$

Soluția acestei ecuații se obține din soluția de mai sus, înlocuind corespunzător pe m cu $m' = \frac{m}{2}\left(\frac{R}{R'}\right)^2$. Astfel:

$$x = \frac{M_a}{R'c}\left[1 - \mathrm{e}^{-\sqrt{\frac{2c}{m'}}t} - \sqrt{\frac{2c}{m'}}\, t\, \mathrm{e}^{-\sqrt{\frac{2c}{m}}t}\right].$$

Procesul tranzitoriu se consideră terminat cînd $\frac{x}{M_a/R'c}\Big|_{t=t_r} = 0{,}95\,\frac{x}{M_a/R'c}\Big|_{t=\infty} = 0{,}95$; din ecuația de mai sus rezultă $t_r \approx 5T$, în care $T = \sqrt{\frac{m'}{2c}}$.

Astfel, de exemplu, pentru un cilindru de masă $m = 1\,000$ kg și un traductor avînd diametrul de 8 mm și înălțimea coloanei de cuarț de 6 mm, așezat chiar după raza exterioară a cilindrului, în absența unei tije intermediare, rezultă că:

$$c = \frac{ES}{h} = 0{,}67 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm și } m = 1{,}02 \text{ kgf} \cdot \text{s}^2/\text{cm},$$

$$\frac{1}{T} = \sqrt{\frac{2c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}67 \cdot 10^6}{1{,}02}} \approx 1{,}14 \cdot 10^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

Timpul de răspuns este deci $t_r \approx 5T = 4{,}4 \cdot 10^{-3}$ s.

Pentru o durată a procesului tranzitoriu mai mare decît 1 s se poate considera că traductorul piezoelectric este suficient de rapid chiar pentru cazul cînd cuplul se transmite printr-o masă egală cu cea considerată mai sus.

b. *Descrierea instalației*

În figura 2 este prezentată schema de principiu a instalației propuse și utilizate pentru ridicarea experimentală a caracteristicii mecanice a motoarelor asincrone. Mașina de încercat *MA* este montată pe o platformă mobilă așezată pe cuțite pentru a reduce la minimum frecările.

Pe platformă mai este montat și un tahogenerator *T* cuplat mecanic cu mașina de încercat și care servește la obținerea unei tensiuni proporționale cu turația mașinii. Pentru măsurarea forței, respectiv a cuplului, se utilizează un traductor piezoelectric așezat la distanța *R* de axa de rotație a mașinii; asupra traductorului acționează direct platforma mobilă. Bornele de ieșire ale traductorului sînt conectate, prin intermediul unui amplificator *A* de curent continuu (cu tub electrometric), la plăcile verticale ale osciloscopului *O*. La plăcile orizontale este aplicată tensiunea de la bornele tahogeneratorului *T*. Astfel, în timpul pornirii motorului, spotul osciloscopului va descrie curba $M(n)$ a mașinii care se încearcă.

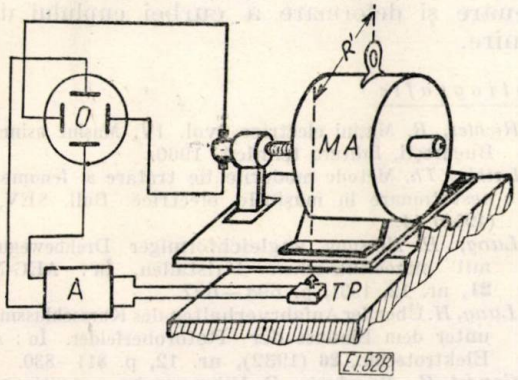


Fig. 2. Schema de principiu a instalației pentru ridicarea caracteristicii mecanice a motoarelor electrice.

2. Încercări experimentale și concluzii

Instalația descrisă mai sus a fost utilizată pentru ridicarea caracteristicii mecanice a unui motor asincron cu rotorul în colivie și avînd următoarele caracteristici:

- puterea $P = 72$ kW;
- tensiunea 380 V (conexiunea triunghi);
- viteza de rotație 2 980 rot/min;
- fabricat Grabe-Lahmayer & Co., număr de fabricație D Mot 811 610/960.

Încercarea s-a efectuat pentru schema de conexiuni stea, la tensiunea 380 V, în urma cererii unei întreprinderi din țara noastră, pentru a se stabili cauza „agățării" motorului la o viteză de rotație de aproximativ 420 rot/min.

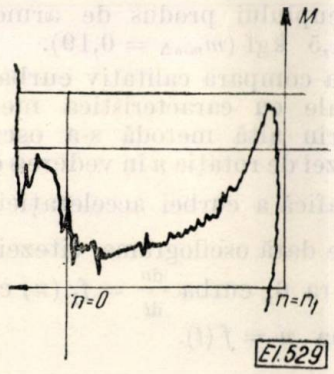


Fig. 3. Oscilograma caracteristicii mecanice a unui motor asincron de 72 kW avînd rotorul în colivie.

În timpul încercării, motorul a funcționat în gol; în agregatul din care face parte, motorul antrenează un compresor de oxigen care este pornit întîi în gol.

În figura 3 este dată oscilograma ridicată în timpul pornirii motorului în condițiile de mai sus. Pe oscilogramă este marcată scara cuplurilor astfel: distanța dintre cele două drepte orizontale reprezintă un cuplu $M_e = 7{,}57$ kgm. Segmentul de dreaptă vertical din stînga marchează viteza nulă, deoarece curba a fost ridicată, începînd de la viteze de rotație negative.

În figura 4 este dată curba medie, împreună cu scările, dedusă din oscilograma din figura 3.

Din curba cuplului electromagnetic rezultă:

— cuplul de pornire la conexiunea stea $M_{p\lambda} = 11{,}5$ kgf.m;

— cuplul relativ pentru conexiunea triunghi (recalculat) $m_{p\Delta} = 1{,}44$;

— cuplul maxim la conexiunea stea $M_{k\lambda} = 24$ kgf. m;

— cuplul relativ (recalculat) la conexiunea triunghi $m_{k\Delta} = 3$;

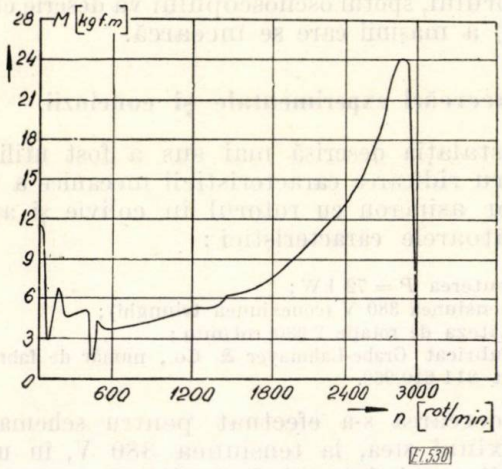


Fig. 4. Caracteristica mecanică determinată din oscilograma din figura 3.

— cuplul minim la conexiunea stea, în urma apariției cuplului produs de armonica a 7-a $M_{min\,\lambda} = 1{,}5$ kgf ($m_{min\Delta} = 0{,}19$).

Pentru a compara calitativ curba ridicată pe această cale cu caracteristica mecanică ridicată și prin altă metodă s-a oscilografiat și curba vitezei de rotație n în vederea determinării pe cale grafică a curbei accelerației $\frac{dn}{dt}$. În figura 5 este dată oscilograma vitezei de rotație, iar în figura 6, curba $\frac{dn}{dt} = f_1(n)$ calculată din oscilograma $n = f(t)$.

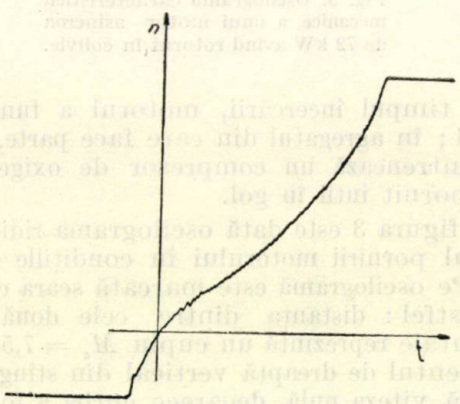


Fig. 5. Oscilograma vitezei de rotație.

După cum rezultă din figura 6, curbele $M = f(n)$ și $\frac{dn}{dt} = f_1(n)$ sînt foarte asemănătoare. Nepotrivirile care se constată se datoresc, pe de o parte, dificultăților de a determina mai exact curba $\frac{dn}{dt}$, iar pe de altă parte însuși tahogeneratorului (respectiv cuplajului semirigid dintre tahogenerator și motor și armonicilor din curba tensiunii).

În concluzie:

— instalația descrisă mai sus se poate utiliza pentru ridicarea caracteristicii mecanice a motoarelor electrice la funcționarea în gol;

— amortizarea critică este funcție de masa statorului mașinii și, în consecință, constanta amortizorului trebuie schimbată în funcție de aceasta, pentru ca procesul tranzitoriu să fie aperiodic în instalația de măsură, la aplicarea unui cuplu în treaptă;

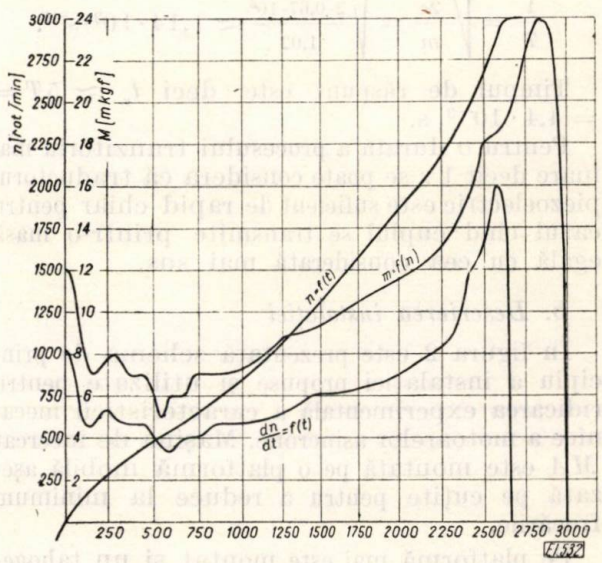


Fig. 6. Curba $\frac{dn}{dt} = f(n)$ determinată din oscilograma din figura 5.

— motorul încercat prezintă o pronunțată înșeuare și deformare a curbei cuplului după pornire.

Bibliografie

[1] *Richter, R.* Mașini electrice, vol. IV, Mașini asincrone. București, Editura tehnică, 1960.

[2] *Laible, Th.* Metode moderne de tratare a fenomenelor nestaționare în mașinile electrice. Bull. SEV, **41** (1950) 14.

[3] *Lung, H.* Messung ungleichförmiger Drehbewegungen mit piezoelektrischen Kristallen. În: AEG-Mitt., **21**, nr. 12, 1931, p. 694–697.

[4] *Lung, H.* Über der Anfahrverhalten des Kurzschlussmotors unter dem Einfluss der Rotoroberfelder. În: Arch. Elektrotechn., **26** (1932), nr. 12, p. 811–830.

[5] *Gondet, H., Beaudonin, P.* Vibrographe — accélérographe piézoélectrique. În: Rev. gén. Electr., **37** (1935), nr. 16, p. 499–508.

[6] *Gohlke, W.* Einführung in die piezoelectrische Messtechnik, ed. a II-a. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, K–G, 1959.

Intrat în redacție la 15.7.1962

Principiile constructive, tehnologice şi de fabricaţie ale seriei unitare de transformatoare cu înfăşurări din aluminiu pînă la 1600 kVA şi 35 kV

Ilie Năzdrăvan, Gheorghe Toma, Marius Şarpe şi Costin Rădulescu* — Craiova

Realizarea la Uzinele Electroputere a seriei unitare de transformatoare cu înfăşurări din aluminiu pînă la 1600 kVA şi 35 kV la nivelul performanţelor actuale ale tehnicii, constituie primul salt important pe linia modernizării şi sistematizării construcţiei de transformatoare din ţara noastră.

În articolul de faţă se prezintă particularităţile constructive ale seriei, avantajele soluţiilor constructive adoptate pentru fabricaţie şi principiile tehnologiei noi, tipizate, adoptate în fabricaţia transformatoarelor seriei unitare, principii care pot fi generalizate şi în alte domenii.

CZ. 621.314.212.002.2

Volumul deosebit de mare şi divers al producţiei de transformatoare pînă la 1600 kVA şi 35 kV la Uzinele Electroputere (cca. 85% din producţia totală în MVA şi peste 95% ca număr de bucăţi) a constituit factorul de o imperioasă necesitate de a se trece la o fabricaţie avînd un nivel tehnic înalt, cu mare productivitate, şi care să aibă un pronunţat caracter de serie.

Aceste caracteristici de fabricaţie au fost asigurate prin proiectarea şi realizarea seriei unitare pentru această gamă de transformatoare, datorită adoptării unei linii constructive unitare şi simplificate şi unei linii tehnologice tipizate şi parţial normalizate [1].

Parametrii tehnico-economici adoptaţi corespund noilor standarde şi cerinţelor sporite ale unei exploatări intensive.

Astfel, nivelul pierderilor în fier s-a redus cu circa 20% faţă de vechea serie fiind comparabil cu seriile unitare similare străine. În ceea ce priveşte pierderile în bobinaje acestea au fost de asemenea reduse faţă de vechile transformatoare Electroputere cu bobinaj de cupru cît şi faţă de transformatoarele similare de fabricaţie străină.

Un alt criteriu care a stat la baza proiectării noii serii unitare de transformatoare a fost şi posibilitatea înlocuirii tablei laminate la cald cu tablă laminată la rece, fără modificări importante.

S-a adoptat pentru scara puterilor o raţie de 1,6 rezultînd 7 valori, de la 100 la 1 600 kVA, pentru înalta tensiune valorile 6,15 (10) şi 35 (25) kV iar pentru joasa tensiune 400, 500 şi 6300 V. Nu este prevăzută tensiunea de 35 (25) kV pînă la puterea de 160 kVA inclusiv, nefiind posibilă execuţia conductorilor din aluminiu pentru înfăşurarea de înaltă tensiune, iar tensiunea de 6300 V s-a prevăzut numai de la 1000 kVA în sus şi numai la construcţiile cu înaltă tensiune de 15 şi 35 (25) kV. La transformatoarele de la 250 kVA în sus cu raport de transformare 35/0,4 kV şi 25/0,4 kV s-a adoptat conexiunea Yyo—12 pe considerentul că realizarea unei înfăşurări conectate în triunghi la tensiunea de 35 (25) kV implică mari dificultăţi, iar probabilitatea de a alimenta o sarcină nesimetrică este foarte mică.

S-au uniformizat de asemenea valorile tensiunii de scurtcircuit, iar curentul de mers în gol este indicat în ipoteza folosirii tablei laminate la cald cu pierderi specifice de 0,95 W/kg la 10 000 gauss.

1. Principii constructive

Orientarea principală la proiectarea seriei unitare a fost asigurarea unei linii constructive unitare şi simplificate pe bază de ansamble, subansamble şi repere comune pentru întreaga gamă de transformatoare cuprinse în serie, de la 100—1600 kVA pentru tensiuni înalte de 6—10—15—25—35 kV şi tensiuni joase de 0,4—0,525—6,3—15 kV.

Obiectivele care au stat la baza stabilirii liniei constructive a seriei au fost următoarele:

— tipizarea intensă şi normalizarea reperelor din construcţia transformatoarelor seriei.

— reducerea la minimum a sortimentului de repere şi materiale prin adoptarea unor repere comune universal valabile pentru transformatoarele seriei.

— adoptarea de ansamble şi subansamble comune pentru mai mulţi indivizi din serie.

— adoptarea soluţiilor constructive care se pretează la mecanizare şi procedee tehnologice avansate.

— păstrarea unei linii constructiv-tehnologică unitară pentru întreaga serie [2].

1.1. *Miezul magnetic* al transformatoarelor seriei se realizează din tablă silicioasă laminată la cald de calitate superioară ($p_{10} = 0{,}95$ W/kg) izolată cu lac sau tablă laminată la rece. Începînd cu anul 1963, se va utiliza aproape exclusiv numai tabla laminată la rece.

* Colectiv de ingineri la Uzinele „Electroputere" — Craiova.

Pentru întreaga serie se folosesc numai 7 diametre de coloană, afectîndu-se cîte un diametru fiecărei puteri pentru toate rapoartele sale de transformare [8], [9].

Secțiunea coloanei se realizează în 6 trepte, iar secțiunea jugului, majorată cu 10% față de cea a coloanei, în 3 trepte.

Strîngerea coloanelor pentru toată seria se realizează fără buloane, cu ajutorul cilindrilor de pertinax și prin consolidare cu pene de lemn sau pertinax. Acest lucru face posibilă eliminarea completă a găurilor din coloane și deci a operațiilor mecanice de decupare și debavurare, permițînd totodată introducerea tablei laminate la rece pe aceste construcții fără a se lua alte măsuri constructive.

În fotografia din figura 1 se vede miezul unui transformator de 1000 kVA înainte de montarea bobinelor. Se observă aici benzile metalice de strîngere provizorie a coloanelor care urmează să fie demontate pe măsura introducerii cilindrilor din pertinax.

Strîngerea jugurilor se realizează fără buloane pînă la 160 kVA inclusiv, cu un bulon central pînă la 400 kVA inclusiv și cu 3 buloane pînă la puterea de 1600 kVA inclusiv.

Printr-o judicioasă alegere a lățimii tolelor pentru cele 7 diametre, s-a redus la 40 numărul lățimilor de tole printr-o unificare intensă a lor, lucru absolut necesar în cazul tablei laminată la rece. Aceasta permite un plan de tăiere mai

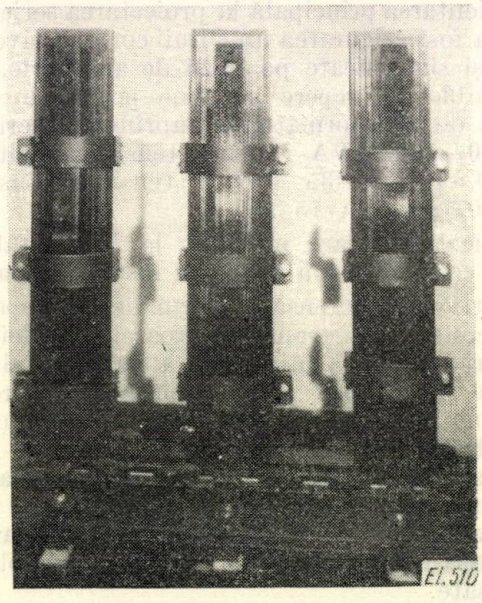


Fig. 1. Miez magnetic pentru transformatoare de 1000 kVA strîns cu benzi metalice.

economic și posibilitatea de mecanizare a operațiilor de prelucrare.

Coeficientul de umplere mediu la coloană, rezultat în urma operațiilor de unificare a lățimilor treptelor, este de 0,82.

Dimensiunile ferestrei miezurilor s-au păstrat identice pe grupe de tensiuni, 6 kV—10 și 15 kV—25 și 35 kV pînă la puterea de 630 kVA inclusiv, iar pentru 1000—1600 kVA pe grupele 6, 10 și 15 kV—25 și 35 kV.

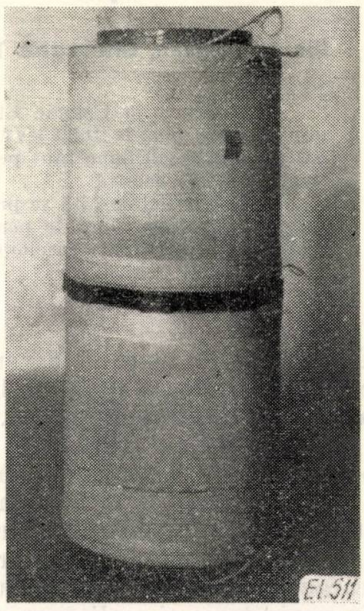


Fig. 2. Bobinaj stratificat în 2 galeți pentru transformatoare de 400 kVA, 35/0,4 kV.

În acest fel pentru întreaga serie de transformatoare, la fiecare putere corespunzînd un diametru de coloană, există un număr de 17 miezuri diferite ca dimensiuni, dintre care 11 intră în fabricația curentă.

1.2. *Înfășurările* transformatoarelor din cadrul seriei unitare sînt executate exclusiv din conductori profilați și rotunzi de aluminiu, cu izolație de hîrtie, sau din bare neizolate de aluminiu pentru înfășurările de j.t. la tensiuni sub 1 kV [7].

Pînă la puterea de 160 kVA inclusiv înfășurările se execută bloc, bobinîndu-se înfășurarea de înaltă tensiune peste cea de joasă tensiune, ceea ce permite o productivitate ridicată în execuție și montaj și o rezistență mecanică sporită.

Pînă la puterea de 630 kVA inclusiv, bobinajele de înaltă tensiune se execută de tipul stratificat pentru toate tensiunile, această extindere fiind dictată de multiplele calități ale acestui tip de bobinaj, cunoscute de altfel, și pentru care el capătă o aplicare din ce în ce mai largă [14].

O realizare deosebită o constituie adoptarea bobinajului stratificat în doi galeți (fig. 2), care datorită reducerii la jumătate a tensiunii între straturi a permis renunțarea la bobinajul în galeți jumelați și extinderea bobinajului stratificat în această variantă specială, acolo unde

bobinajul stratificat obișnuit apărea nesigur în condițiile noastre de fabricație, și anume la tensiunile pe fază mai mari: 15 kV conexiune triunghi și 25 și 35 kV conexiune stea. Acest tip nou de bobinaj, care constituie de altfel și obiectul unui brevet de invenție, are multiple avantaje în ceea ce privește comportarea la probele de tensiune, condițiile de răcire și comportarea la forțele de scurtcircuit, în ceea ce privește economicitatea obținîndu-se transformatoare cu greutăți reduse de fier și aluminiu și gabarite mai mici.

Înfășurările de joasă tensiune pînă la puterea de 630 kVA inclusiv sînt de tipul cilindric în două straturi cu unul sau mai mulți conductori în paralel, executate din conductori de aluminiu neizolați. Important la aceste înfășurări este adoptarea sistemului de egalizatori de la capete, montați după spirele de capăt spre mijlocul bobinajului, ceea ce permite uniformizarea cîmpului de dispersie în zonele terminale și reducerea eforturilor electrodinamice la scurtcircuit. Egalizatorii existenți în prezent, confecționați din preșpan, urmează să se execute în viitor din pertinax, aceasta în legătură cu posibilitatea de fabricație în țară a unui volum crescut de cilindri de pertinax [11], [18].

Pentru transformatoarele de 1000 și 1600 kVA s-a adoptat la această tensiune în locul bobinajelor spiralate, un tip nou de bobinaj avînd spirele sudate cu ajutorul unei instalații de argon-arc. Acest tip de bobinaj asigură o rezistență mult sporită la eforturile dinamice de scurtcircuit față de tipul spiralat sau cilindric, permite o mecanizare și o productivitate ridicată, nu are pierderi suplimentare mai mari, ocupă spațiu redus în fereastra transformatorului conducînd la importante economii de tablă silicioasă, aluminiu pentru conductor, ulei de transformator etc. În fotografia din figura 3 se vede un bobinaj de joasă tensiune de tipul „cu spiră sudată" pentru un transformator de 1000 kVA din seria unitară.

Bobinajul cu spire masive sudate, din informațiile noastre, aplicat pentru prima dată la o serie normală de transformatoare pe o scară atît de largă, contribuie într-o măsură importantă la creșterea calității transformatoarelor cu înfășurări din aluminiu.

Pentru înfășurarea de înaltă tensiune la transformatoarele de 1000 și 1600 kVA s-a adoptat bobinajul continuu. În scopul păstrării aceleiași ferestre pentru mai multe rapoarte de transformare pentru aceeași putere, de exemplu pentru 1000 sau 1600 kVA, s-a trecut la bobinajul continuu cu doi sau trei galeți montați fără distanțori radiali între ei la transformatoarele cu tensiuni mai mari pe fază, deci cu mai multe spire, pentru a se ajunge la același coeficient de umplere al ferestrei ca la acelea cu tensiuni mai mici, deci spire mai puține (exemplu: 1600 kVA la 35 kV și 1600 kVA la 25 kV intră în condiții corespunzătoare în aceeași fereastră).

Faptul că pentru o putere se folosește la toate tensiunile un singur diametru de coloană determină reducerea simțitoare a numărului dimen-

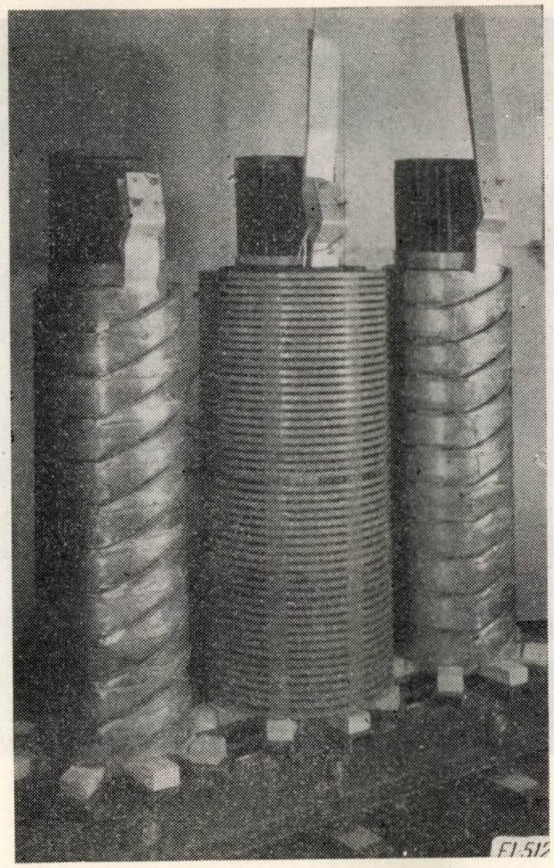


Fig. 3. Bobinaj de joasă tensiune cu spire sudate realizate din bare masive de aluminiu pentru transformatoare de 1000 kVA.

siunilor cilindrilor din pertinax (două dimensiuni la o putere, una pentru înfășurarea de înaltă tensiune și alta pentru înfășurarea de joasă tensiune) și permite utilizarea unui număr redus de dispozitive de bobinaj.

Consolidarea bobinajelor la capete în cadrul seriei unitare s-a realizat cu ajutorul unor distanțori masivi executați din preșpan bachelizat sau pertinax, eliminîndu-se în felul acesta inelele de preșpan netehnice și neeconomice. În fotografia din figura 4 se pot observa distanțorii masivi de la capetele bobinajului la un transformator decuvat făcînd parte din seria unitară. Acești distanțori permit o consolidare mai eficace și asigură o mare mecanizare în execuția pieselor izolante, ca și o mare productivitate la montaj.

În scopul creșterii rezistenței la eforturile electrodinamice a bobinajelor, la transformatoarele de 1000 și 1600 kVA au fost introduse inele de presare metalice [10], [13].

Trebuie arătat că la tipul vechi al transformatorului de 1000 kVA cu bobinaj de joasă tensiune de tip spiralat și inele de presare din pertinax, în urma încercărilor la eforturi electrodinamice de scurtcircuit, transformatorul nu

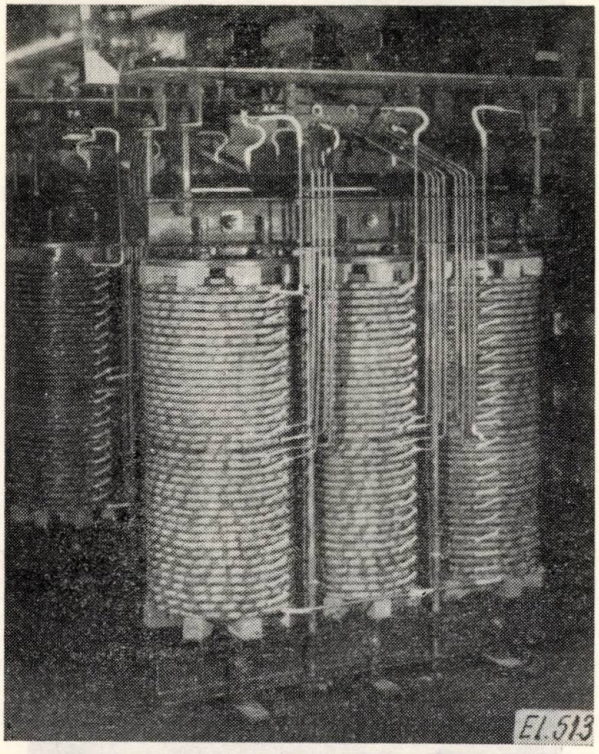


Fig. 4. Partea decuvabilă a transformatorului de 1000 kVA.

a rezistat, apărînd deformarea bobinajului de joasă tensiune și spargerea inelului de pertinax. Măsurile luate în cadrul transformatoarelor seriei unitare au fost: înlocuirea bobinajului spiralat cu cel cu spiră sudată, înlocuirea inelelor de pertinax cu inele metalice, introducerea a două puncte suplimentare de presare la partea superioară a bobinajelor, și anume spre exterior între schele, și mărirea lățimii distanțorilor de la 40 la 55 mm [3].

1.3. *Construcția metalică* a transformatoarelor seriei unitare, constituită din plăcile de strîngere ale miezului și consolidarea bobinajelor (schela), cuva cu sistemul de răcire și capacul cu accesoriile sale, a fost concepută astfel încît a permis o tipizare și normalizare intensă în cadrul seriei, adoptîndu-se soluții constructive simplificate cu multe repere comune pentru a se putea realiza o mare productivitate în fabricație [6].

1.3.1. S c h e l a este construită exclusiv din fiare cu profil U și prezintă o formă constructivă unică și simplă pînă la puterea de 630 kVA inclusiv, presarea bobinajelor executîndu-se direct de către fiarele schelei care se strîng cu 4 tiranți axiali plasați la capetele transformatorului, tiranți care se întind de la schela inferioară prin schela superioară pînă la capac.

Pentru transformatoarele de 1000 și 1600 kVA se păstrează aceeași formă de schelă pe care se asamblează în plus suporții-bobinaj, de construcție foarte simplă, și anume tronsoane scurte în formă de U, iar tiranții de bobinaj plasați în interior între bobine se așază numai între cele două schele, continuarea rigidizării ansamblului pînă la capac asigurîndu-se cu alți tiranți speciali mai scurți de la schela superioară la capac.

Strîngerea bobinajelor se execută pentru transformatoarele de 1000 și 1600 kVA cu pastile speciale de presare montate pe schele.

Dimensiunile fiarelor U, ale tiranților, buloanelor, suporților și rondelelor pentru schele, au fost unificate și normalizate la maximum în cadrul seriei, creîndu-se în felul acesta avantaje, în ceea ce privește simplificarea documentației și mărirea productivității muncii [4], [5].

1.3.2. C u v e l e transformatoarelor din seria unitară se execută din tablă de oțel sudată avînd o formă paralelipipedică.

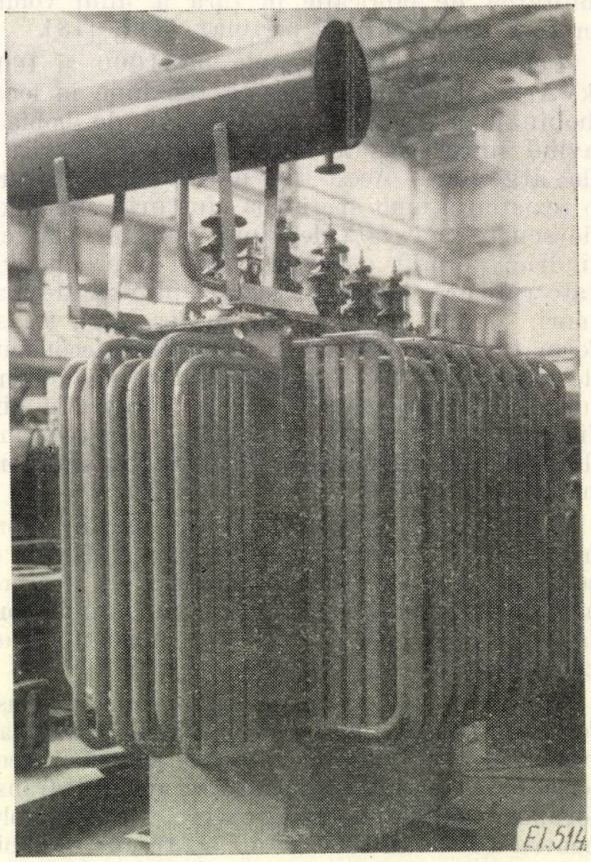
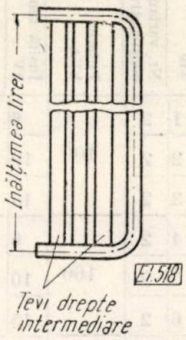


Fig. 5. Aspectul exterior al transformatorului de 1000 kVA 35/6,3 kV.

Elementele noi introduse în construcția cuvelor cu ocazia elaborării seriei sînt sistemul de răcire cu lire, execuția ramelor și a centu-

Tabela 1

Caracteristicile radiatoarelor de tip liră utilizate la transformatoarele din seria unitară

Nr. tipului	Puterea transformatorului, (kVA)	Nr. țevi drepte intermediare	Înălțimea radiatorului, mm	Suprafața de răcire efectivă, m²	Schița lirei
1	250	2	850	0,306	
2	400	2	1 050	0,366	
3	630	3	1 150	0,5	
4	1 000	4	1 200	0,615	
5	1 600	5	1 500	0,85	

rilor de consolidare din platbande metalice în loc de profile L sau U, limitarea tipurilor de cărucioare la 3 printre care un tip nou care acoperă gama de transformatoare de la 250 la 630 kVA, simplu, ieftin, sigur și de mare productivitate.

În ceea ce privește sistemul de răcire, au fost adoptate țevile a căror tehnologie de prelucrare era asimilată la fabrică, trecîndu-se însă la tipul de radiatoare cu lire pentru gama de transformatoare de la 250—1600 kVA și renunțîndu-se la vechiul sistem de răcire cu mai multe rînduri de țevi sudate pe cuvă. În total sînt normalizate 5 radiatoare tip liră — așa cum se vede din tabela 1 — pentru fiecare putere cîte un tip de liră, la care diferă dimensiunile și numărul de țevi intermediare. În figura 5 se vede construcția metalică a unui transformator de 1000 kVA avînd cuva echipată cu radiatoare cu lire.

Avantajele acestui tip de radiator constau în aceea că prezintă o mai bună eficacitate la răcire (deci se face economie de țevi), permite o fabricație de mare productivitate, simplifică construcția cuvelor și elimină scurgerile de ulei pe de o parte datorită executării pe dispozitive și probării radiatoarelor, iar pe de altă parte datorită sudurii duble la exterior și interior a radiatoarelor pe pereții cuvei — posibilitate creată de micșorarea numărului de găuri pe pereți față de cazul sudării tuturor rîndurilor de țevi pe cuvă.

Dimensiunile diferitelor elemente ca: grosimea tablei pentru pereți și fund, dimensiunile platbandelor pentru rame și centuri etc. au fost normalizate intens în cadrul seriei.

Linia constructivă aspectuoasă a transformatoarelor mici din serie se poate vedea în fotografia din figura 6 unde se prezintă transformatorul de 160 kVA.

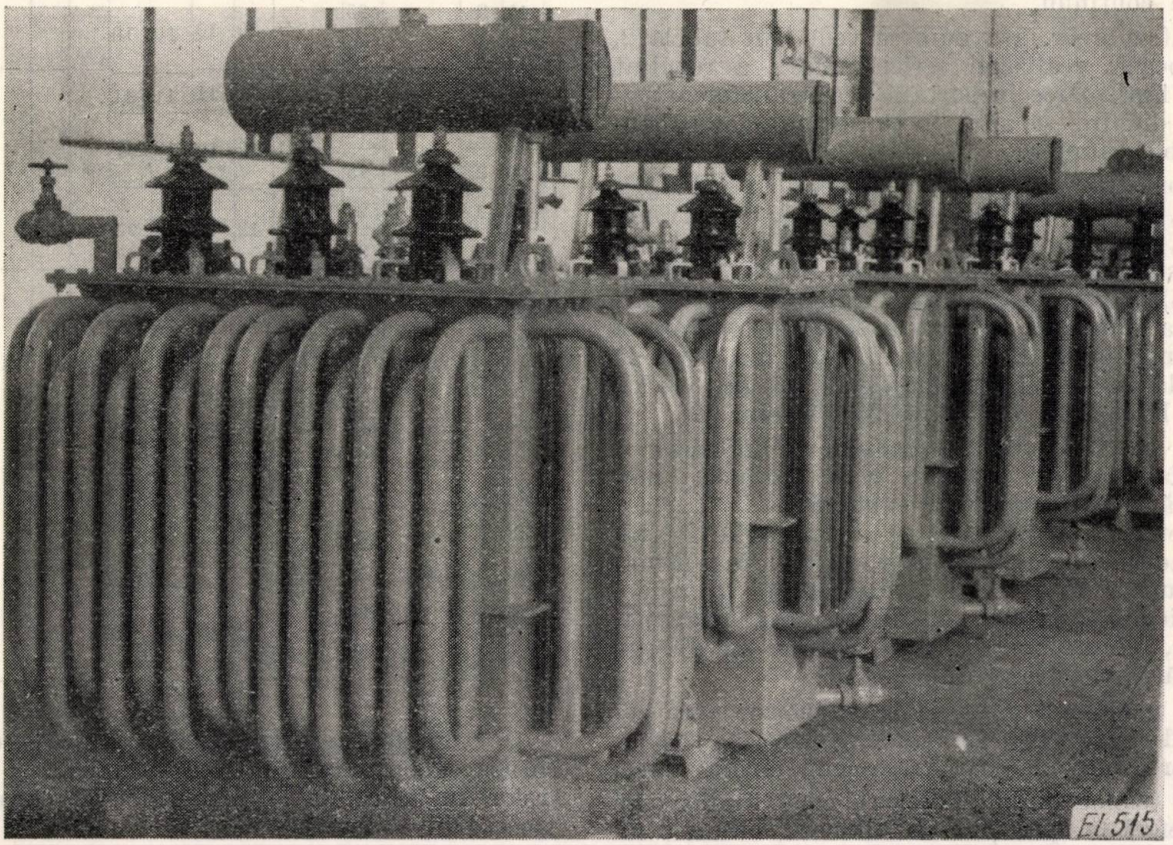


Fig. 6. Aspectul exterior al transformatorului de 160 kVA 6/0,4 kV.

1.3.3. Capacele transformatoarelor din seria unitară au fost concepute urmărindu-se de asemenea normalizarea intensă a tuturor reperelor. Exemplu: s-au normalizat 7 diametre pentru construcția tuturor conservatoarelor de ulei, 4 dimensiuni de nivele de ulei etc. Un lucru important este asigurarea etanșeității între cuvă și capac prin înlocuirea garniturilor plate cu garnituri rotunde din perbunan îmbunătățindu-se simțitor calitatea transformatoarelor.

În cadrul seriei unitare s-a realizat de asemenea o nouă serie de comutatoare pentru reglajul tensiunii fără sarcină, cu contacte ștanțate avînd o dublă suprafață de contact, iar pentru realizarea conexiunilor s-a trecut la folosirea conductorilor izolați cu 16—30 hîrtii natron — funcție de tensiune — eliminîndu-se tuburile de pertinax care erau scumpe, netehnologice și nu asigurau o izolație suficientă la probele de tensiune.

2. Principii tehnologice și de fabricație

În urma adoptării liniei constructive simplificate unitare și sistematizate, devine evidentă posibilitatea tipizării și normalizării tehnologiei atît în ceea ce privește documentația tehnologică de fabricație, cît și procedeele tehnologice de execuție și liniile de fabricație în flux tehnologic continuu.

Într-adevăr, așa cum se vede din tabela 2, cu ocazia realizării seriei unitare a rezultat acel fapt foarte important, ca transformatoarele diferite să aibă în construcția lor subansamble comune.

Spre exemplu transformatoarele: 630 kVA—10/0,4 kV, 630 kVA—10/0,525 kV, 630 kVA—15/0,4 kV și 630 kVA—15/0,525 kV—deci patru transformatoare — au comune: miezul, schela, cuva, capacul, căruciorul, cilindrii de pertinax de la bobinaje, dispozitivele de executare a bobinajelor și alte elemente care nu apar în tabelă cum ar fi bobinajele de j.t. de 0,4 kV sau bobinajele de j.t. 0,525 kV etc. [2].

În aceste condiții avantajele tehnologice și de fabricație și trecerea la o producție modernă și rațională sînt evidente.

Pentru a putea trece la o tehnologie tipizată în cadrul seriei unitare, în prealabil a fost făcută o grupare de ordin tehnologic avînd în vedere particularitățile în construcția transformatoarelor, cu care ocazie s-au separat ca diferite următoarele grupe tehnologice:

a) tehnologia miezurilor magnetice care cuprinde operațiile de confecționare a tolelor, izolare, împachetare, tratament termic etc.;

b) tehnologia bobinajelor și conexiunilor care se referă la operațiile de bobinare, uscarea bobinelor, montarea bobinelor, executarea izolațiilor, executarea conexiunilor etc.;

Tabela 2

Gruparea construcțiilor comune la seria unitară de transformatoare

Tip	Nr. variantelor pe tip constructiv	Putere, kVA	Înaltă tensiune, kV	Diametru coloană și lățimi tole coloană și jug	Construcție miez	Construcție schelă	Construcție cuvă	Construcție capac	Diametru cilindri pertinax	Dispozitiv bobinaj	Construcția radiatorului de răcire	Construcția căruciorului de transport
1	2	100	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2		10		2	2	2	2				
3	2		15									
4	2	160	6	2	3	3	3	3	2	2	2	
5	2		10		4	4	4	4				
6	2		15									
7	2	250	6	3	5	5	5	5	3	3	3	
8	2		10		6	6	6	6				
9	2		15									
10	2		25		7	7	7	7				
11	2		35									
12	2	400	6	4	8	8	8	8	4	4	4	2
13	2		10		9	9	9	9				
14	2		15									
15	2		25		10	10	10	10				
16	2		35									
17	2	630	6	5	11	11	11	11	5	5	5	
18	2		10		12	12	12	12				
19	2		15									
20	2		25		13	13	13	13				
21	2		35									
22	2	1 000	6	6	14	14	14	14	6	6	3	3
23	2		10									
24	3		15									
25	3		25		15	15	15	15				
26	4		35									
27	2	1 600	6	7	16	16	16	16	7	7	7	
28	2		10									
29	3		15									
30	3		25		17	17	17	17				
31	4		35									

c) tehnologia construcțiilor metalice care grupează execuția tuturor subansamblelor și reperelor metalice de la schele, cuve, capace și accesorii.

În cadrul acestor trei grupe tehnologice ca un element esențial a fost folosită clasificarea

tehnologică a subansamblelor și reperelor din construcția transformatoarelor după criterii ca : formă, construcție asemănătoare (putînd avea funcții diferite) și procese tehnologice similare.

S-au fixat astfel clasele de repere și subansamble, divizate la rîndul lor în subclase și familii, pe baza deosebirilor privitoare la unele operații tehnologice, și astfel s-a executat tehnologia tipizată.

În tabela 3 se dă clasificarea simplificată pentru grupa a 2-a tehnologică și anume subgrupa bobinaje.

Tabela 3

Exemple de clasificare tehnologică în cadrul subgrupei bobinaj

Subgrupa	Clasa	Subclasa	Familia	
Bobinaj	Stratificat	simplu	cu conductor rotund	cu conductor profilat
		în 2 galeți		
	Cilindric	cu 1 conductor	executat pe cilindri de pertinax	executat pe cilindru metalic
		cu mai mulți conductori în paralel		
	Continuu	cu 1 conductor	executat pe cilindri de pertinax	executat pe cilindru metalic
		cu mai mulți conductori în paralel		
	În galeți jumelați	cu izolație de preșpan	cu conductor rotund	cu conductor profilat
		cu izolație de hîrtie		
	Cu spire sudate	cu îmbinare sub unghi	execuție din bare	execuție din tablă
		cu îmbinare dreaptă		

În urma stabilirii claselor tehnologice și a întocmirii clasificatorului de repere și subansamble pentru întreaga construcție a seriei unitare s-a întocmit documentația tehnologică tipizată pentru fiecare familie, subclasă, clasă și grupă tehnologică.

Documentația tehnologică întocmită astfel a rezultat simplificată, completă și rațională indicîndu-se precis fluxul tehnologic optim.

Această documentație la rîndul ei se compune din următoarele :

1. Fișele proceselor tehnologice tipizate sau normalizate.
2. Fișele de calcul al normelor de timp tipizate.
3. Centralizatoare de materiale.
4. Instrucțiuni tehnologice.

Fișele proceselor tehnologice tipizate sau normalizate s-au întocmit pentru o familie, subclasă sau chiar clasă de repere (subansamble) sub două forme :

a) fișele proceselor tehnologice tipizate sau normalizate pentru execuția reperelor ;

b) fișele proceselor tehnologice tipizate sau normalizate de ansamblare.

Aceste fișe cuprind operațiile și fazele de execuție, atelierul, mașina sau locul de muncă, sculele și dispozitivele, deservirea și schițele reperelor sau ansamblelor pentru toate operațiile și fazele de execuție. Fișa astfel întocmită este valabilă pentru familia, subclasa, sau clasa respectivă în întregimea ei, ea fiind însoțită de o legendă cu variante dimensionale pentru toate transformatoarele seriei.

Fișele de calcul al normelor de timp tipizate s-au întocmit pe baza fișelor proceselor tehnologice tipizate sau normalizate și cuprind : operațiile, codul mașinii, deservirea, categoria de salarizare, timpul unitar și timpul total pe produs.

Centralizatoarele de matriale s-au alcătuit pentru subansamble și cuprind sub formă de legendă cu variante : cantitățile, dimensiunile și calitatea materialelor, pentru un produs.

Instrucțiunile tehnologice sînt alcătuite pentru grupele tehnologice sau chiar pe clase tehnologice cuprinzînd detaliat operațiile, condițiile ce trebuie respectate, indicațiile de execuție și control etc., ele constituind de fapt o completare a fișelor proceselor tehnologice tipizate sau normalizate.

În ceea ce privește procedeele tehnologice de execuția reperelor, subansamblelor și ansamblelor, s-a urmărit cu ocazia introducerii în fabricație a transformatoarelor seriei unitare mecanizarea la maximum a tuturor operațiilor, extinderea procedeelor de mare productivitate, mai ales în domeniul prelucrărilor mecanice, construcțiilor metalice și executării miezurilor magnetice [4], [6].

Majoritatea operațiilor de prelucrări mecanice, sudură, bobinare, montaj etc. se fac cu ajutorul sculelor, dispozitivelor și utilajelor care nu cresc ca număr datorită caracterului unitar și simplificat al construcțiilor și imprimării caracterului universal al acestor SDV-uri.

S-au introdus astfel dispozitive extensibile pentru execuția mai multor înfășurări pe game de diametre, dispozitive reglabile pentru asamblarea lirelor de răcire, dispozitive universale pentru strîngerea coloanelor miezurilor etc.

S-au introdus pe scară largă operații de mare productivitate ca : ștanțarea tuturor găurilor, ștanțarea decupărilor de la schelele de strîngere și capac, sudura automată și semiautomată la asamblarea cuvelor, debitarea autogenă la cîrlige, urechi de ridicare, inele pentru presarea bobinajelor, cu mașina automată cu copiere cu celulă fotoelectrică.

Efectul deosebit de important al adoptării tehnologiei tipizate pentru transformatoarele seriei unitare constă în asigurarea unei fabricații pe bază de linii tehnologice în flux continuu, lucru care este specific producției de masă

și de serie mare și care este potrivit și la producția de serie mijlocie care domină în construcția de transformatoare [2], [9].

S-au organizat astfel linii de fabricație în mic pentru unele subansamble (lire de răcire, bobinaje stratificate, cărucioare și diferite alte clase de repere) și a fost posibilă organizarea liniei de asamblare și montaj pentru gama de transformatoare 250 — 630 kVA, transformatoare care reprezintă aproximativ 90% ca număr de bucăți din producția fabricii de transformatoare.

În figura 7 este arătată schematic linia de fabricație pentru executarea lirelor de răcire din țeavă folosite la gama de transformatoare 250—1 600 kVA la uzinele Electroputere. În această linie de fabricație se atinge o productivitate cu mai mult de 200% sporită față de vechiul sistem existent la uzinele Electroputere.

În figura 8 este dată linia de asamblare și montaj pentru toate operațiile corespunzătoare execuției gamei de transformatoare 250—630 kVA, transformatoare care prezintă construcții cu multe elemente comune. În această gamă intră cca. 40 tipuri de transformatoare

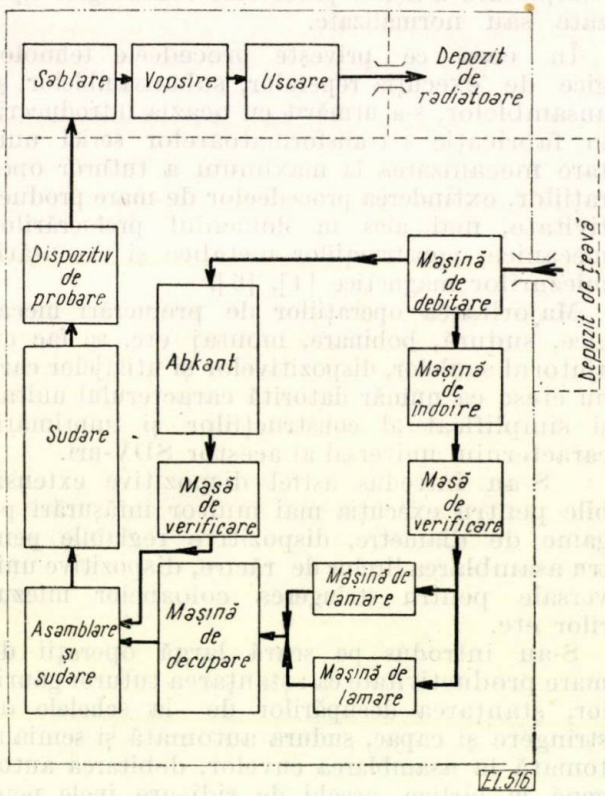


Fig. 7. Schema fluxului tehnologic al atelierului pentru confecționarea radiatoarelor de tip liră.

care se execută pe 3 diametre de coloană, cu 2 tipuri de bobinaj și anume stratificat pentru înfășurarea de înaltă tensiune și cilindrii pentru înfășurarea de joasă tensiune folosindu-se numai 6 dimensiuni de cilindri de pertinax, 6 dispozitive de bobinaj, 3 tipuri de lire de răcire, un cărucior, 2 comutatoare etc.

Pentru această linie de fabricație se reduc timpii auxiliari cu aproximativ 3 minute/kVA,

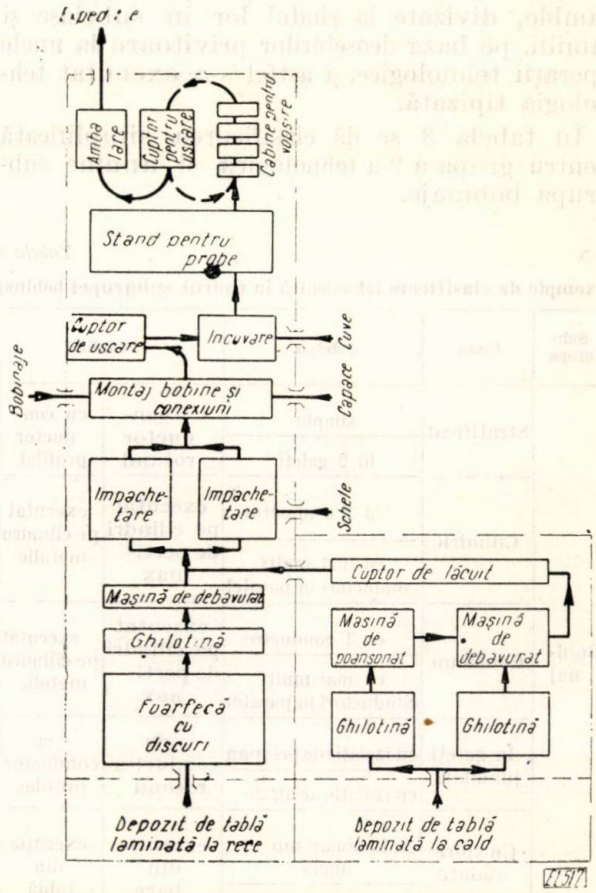


Fig. 8. Schema fluxului tehnologic al liniei de fabricație pentru transformatoarele de la 250—630 kVA.

se descongestionează suprafețele de producție obținîndu-se o producție ritmică cu o productivitate sporită cu peste 30% față de vechiul sistem existent la Electroputere.

Alte consecințe rezultate în urma tipizării tehnologiei transformatoarelor seriei unitare sînt posibilitatea introducerii exclusiv a normării tehnice, raționale și comparative și de asemenea automatizarea și simplificarea aprovizionării cu materiale, efecte deosebit de importante pentru organizarea, urmărirea fabricației și asigurarea planificată și din timp a necesarului de materiale.

3. Concluzii

Asimilarea la uzinele Electroputere a seriei unitare de transformatoare cu înfășurări de Al de la 100—1 600 kVA și 35 kV a condus la următoarele avantaje de fabricație:

— adoptarea unei linii constructive simplificate și unitare, cu un număr ridicat de repere, subansamble și ansamble comune;

— adoptarea unor soluții constructive de un nivel tehnic înalt și care asigură o productivitate ridicată;

— posibilitatea adoptării tehnologiei tipizate și parțial normalizate, formă tehnologică caracteristică unei fabricații de serie;

— folosirea procedeelor tehnologice moderne de mare productivitate la fabricația transformatoarelor;

— organizarea unor linii de fabricație în flux continuu, creîndu-se avantaje de fabricație deosebite.

Bibliografie

[1] *Popov I.*: Die neue DDR-Einheitransformatorenserie bis 1600 kVA mit Aluminiumwicklungen. Elektrie *15*, 1961, 1, pag. 17—20.

[2] *Popov I.* și *Hahn*: Raport asupra vizitării fabricilor de transformatoare din Franța și Belgia de la 13.I.—26.I.1960. Berlin, 5.II.1960.

[3] *Hortopan Gh.* și *Marinescu I.*: O stație de încercări directe în rețeaua de înaltă tensiune. Electrotehnica *9*, 1961, 10, pag. 346—350.

[4] *Schwartz B.*: Tipizarea proceselor tehnologice la prelucrările prin așchiere. Metalurgia și Construcția de Mașini *10*, 1958, 8, pag. 700—708.

[5] *Maiskii L. O.*: Tipizația tehnologhiceschih proțesov kak puti soverșestvovania proizdvostvo. Vestnic Mașinostroienie, *37*, 1957, 2, pag. 72—80.

[6] *Lăzăroiu F.*: Perspectivele tehnologiei de fabricație în industria electrotehnică din R.P.R. în lumina hotărîrilor Congresului al III-lea al P.M.R. Electrotehnica, *9*, 1961, 1, pag. 5—15.

[7] *Tihomirov P. M.*: Primenenie aliuminevîh obmotok v novîh seriah raspredelitelnîh transformatorov. Vestnic Elektroprom. *30*, 1959, 8, pag. 4—10.

[8] *IPH*—Berlin: Bericht über eine neue Transformatorenserie der DDR. Material CAER, Berlin, 28.III.1960.

[9] *Lepeșco V.*: Proiectarea economică a transformatoarelor. Material CAER.

[10] *Sapojnicov A. V.*: Construirovanie transformatorov. Gosenergoizdat, 1959, Moscova.

[11] *Tihomirov P. M.*: Rasciot transformatorov. Moscova, Gosenergoizdat 1953.

[12] *Bulgakov N. I.*: Calculul transformatoarelor. Editura tehnică, București 1951.

[13] *Kehse W.*: Handbuch des Transformatorenbaus. Enke Verlag, Stuttgart, 1950.

[14] *Sirotinski L. I.*: Tehnica tensiunilor înalte, vol. *II*, Editura tehnică 1958.

Intrat în redacție la 21.5.1962

Utilizarea materialelor electroizolante moderne în construcția mașinilor electrice de joasă tensiune

Informativa
Tf 3073/63

Virgil I. Lefter* — București

CZ 621.315.616.9 : 621.313.045

În articolul de față, autorul examinează principalele probleme legate de utilizarea materialelor electroizolante moderne în construcția mașinilor electrice din țara noastră.

După ce se prezintă schema generală de izolație a mașinilor electrice de curent continuu și de curent alternativ și elementele componente ale acesteia, sînt arătate materialele care se folosesc pentru realizarea claselor de izolație E, B, F și H și evoluția utilizării acestor materiale în industria electrotehnică din țara noastră.

Sînt arătate apoi unele soluții folosite pentru obținerea claselor de izolație E, B și F și se dau recomandări pentru realizarea clasei de izolație H în construcția de mașini electrice.

În concluzie, se arată importanța dezvoltării bazei de materiale electroizolante noi, pentru realizarea unei producții de mașini electrice la un nivel tehnic ridicat.

1. Introducere

În construcția mașinilor electrice s-au înregistrat în ultimii ani importante succese, ca urmare a utilizării în măsură din ce în ce mai mare a materialelor electroizolante moderne.

Dezvoltarea mare pe care a luat-o industria chimică și realizarea de materiale organice cu proprietăți electroizolante ridicate au dat posibilitatea constructorilor de mașini electrice să reconsidere soluțiile adoptate cu mulți ani în urmă în construcția mașinilor electrice. Astfel au apărut serii noi de mașini electrice cu gabarite reduse față de seriile existente.

Utilizarea de materiale electroizolante cu proprietăți superioare și o stabilitate termică ridicată a făcut posibilă creșterea solicitărilor în materialele active și, prin aceasta, utilizarea mai rațională a materialelor active (fierul și cuprul) și a materialelor de construcție la mașinile și aparatele electrice. Totodată a fost posibilă realizarea de mașini și aparate electrice pentru condiții grele de lucru, extinzîndu-se astfel domeniul acționărilor cu mașini electrice, cel mai modern mod de acționare, în direcții care erau considerate de neabordat.

2. Scheme de izolație folosite în construcția mașinilor electrice

În schema de izolație a unei mașini electrice sînt cuprinse toate elementele stabilite de constructor pentru izolarea, din punct de vedere electric, a înfășurărilor mașinilor electrice. În figura 1 este dată o reprezentare generală a schemei de izolație a înfășurărilor mașinilor electrice de curent continuu sau alternativ.

* *V. Lefter* este inginer în MMCM.

Din această schemă rezultă că elementele care compun izolația înfășurărilor sînt următoarele :

— izolația conductoarelor (1) ;
— izolația între straturi — acolo unde ea există (2) ;
— izolația crestăturii (3) ;
— izolația la capetele de bobină (4) ;
— izolația conductoarelor de legătură ale înfășurării din stator (5) ;
— izolația bornelor înfășurării din stator (6) ;
— izolația la inelele de contact (c.a.) respectiv la colector (c.c.) (7) ;
— izolația la periile de contact (8) ;
— izolația conductoarelor de legătură ale înfășurării din rotor (9) :
— izolația bornelor înfășurării din rotor — dacă ele există (10).

3. Materiale electroizolante de clasă E, B, F și H, utilizate în construcția mașinilor electrice de joasă tensiune

Apariția materialelor electroizolante, mai întîi pe bază de poliamide și de acetați de celuloză, a reprezentat un prim pas în procesul de înlocuire a materialelor electroizolante bazate pe bumbac, mătase naturală sau vegetală, hîrtie și lacuri pe bază de uleiuri vegetale. A urmat apoi extinderea domeniului de utilizare a materialelor electroizolante pe bază de fire de sticlă nealcalină și azbest, asocierea acestora cu folii plastice electroizolante și cu rășini sintetice, conducînd la realizarea de materiale

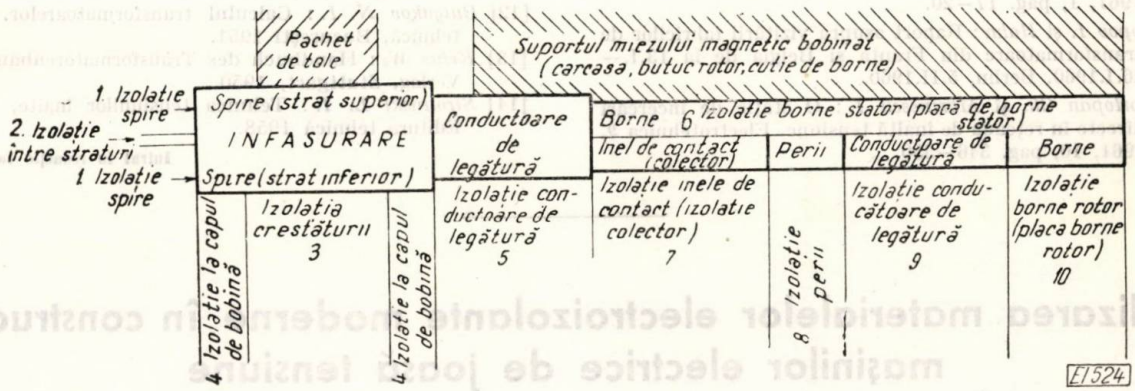


Fig. 1. Schema generală de izolație a înfășurărilor mașinilor electrice.

După poziția pe care o ocupă diferitele elemente componente ale izolației înfășurărilor, materialele ce constitue aceste elemente sînt solicitate în mod diferit în timpul funcționării mașinii electrice. De aceea alegerea materialelor electroizolante pentru compunerea schemei de izolație impune cunoașterea solicitărilor. Trebuie de asemenea avut în vedere faptul că elementul cel mai slab din schema de izolație stabilește modul în care va funcționa întreaga mașină, în condițiile solicitărilor stabilite.

În ceea ce privește clasa de izolație a înfășurării, respectiv clasa de izolație a mașinii, trebuie ținut seamă de materialele cu clasa de izolație mai scăzută din compunerea schemei de izolație, de modul în care sînt solicitate ele și de comportarea în ansamblu a materialelor izolante ale mașinii.

Pentru realizarea soluțiilor constructive noi, caracterizate prin gabarite reduse și prin utilizarea maximă a spațiului interior al carcasei mașinilor, ca urmare a solicitării corespunzătoare a materialelor active, constructorul de mașini electrice recurge la folosirea de materiale electroizolante cu proprietăți ridicate, de clasă de izolație superioară clasei A, utilizate în general pînă în anii trecuți în construcția mașinilor electrice.

electroizolante superioare celor de clasă A. Etapa actuală a fabricației de materiale electrotehnice este caracterizată printr-un ritm rapid, creat de apariția rășinilor epoxidice, a rășinilor pe bază de poliesteri ai acidului tereftalic și mai ales a rășinilor siliconice. Fiecare din aceste grupe mari de produse, în combinație cu sticla nealcalină (fire sau țesătură) și cu mică, au condus la materiale electroizolante cu o mare stabilitate termică (clasa F și H) și cu proprietăți electrice superioare.

Dezvoltarea producției de mașini și aparate electrice din țara noastră și extinderea domeniilor de utilizare pentru exploatări foarte variate a făcut necesară utilizarea în construcția mașinilor, transformatoarelor și aparatelor electrice de materiale de clasă superioară.

În ultimii 10 ani, Fabrica de Cabluri și Materiale Electroizolante (F.C.M.E.) a asimilat și pus în fabricație materiale electroizolante moderne de clasă de izolație superioară clasei A, asigurînd astfel baza materială a producției de mașini electrice la un nivel tehnic ridicat. Astfel s-au realizat conductoare de bobinaj izolate cu emailuri cu caracteristici superioare față de cele pe bază de uleiuri vegetale și anume : emailul pe bază de poliamidă modificată (izorelon), poliuretanic, epoxidic, tereftalic. Este în curs asimilarea fabricației de

conductoare de bobinaj de secțiune mare (profilate) cu izolație din email de tipul celor menționate mai sus. Conductoarele de bobinaj de secțiune circulară (sîrmă) sau de secțiune dreptunghiulară (bară) se izolează cu fire de sticlă asociată cu un lac electroizolant de încleiere, de clasă de izolație corespunzătoare, numărul de straturi din fire de sticlă alegîndu-se corespunzător utilizării.

În ceea ce privește izolațiile sub formă de foi, care servesc pentru realizarea izolației din crestătură și de la capul de bobină arătate,

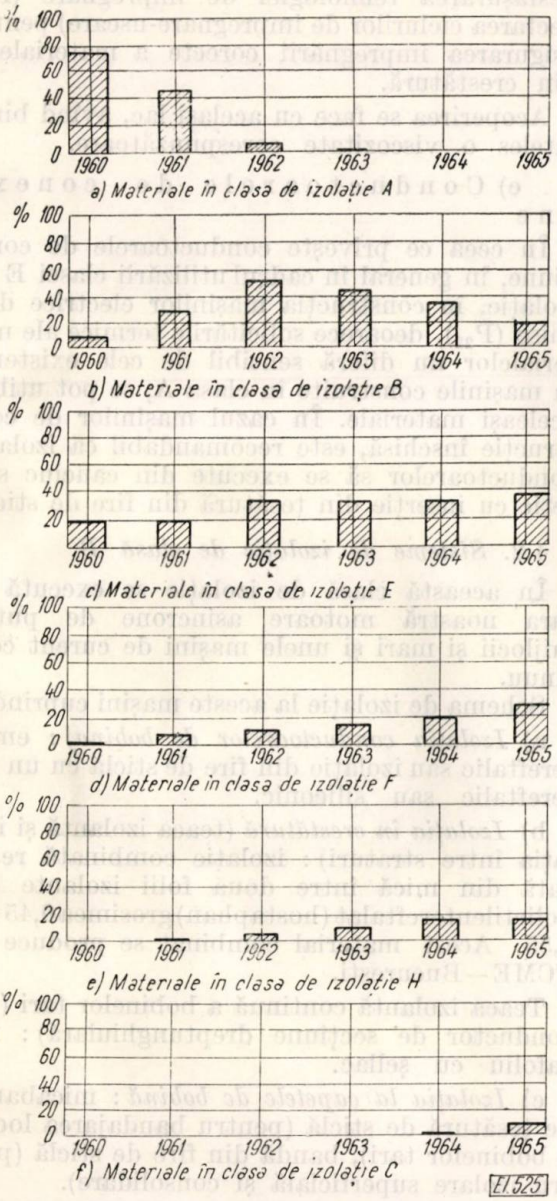


Fig. 2. Evoluția utilizării materialelor electroizolante în fabricația de mașini electrice în R.P.R.

s-au fabricat materiale combinate folosind țesături din fire de sticlă și folii electroizolante din acetați ai celulozei sau polietilen tereftalat în două sau trei straturi sau din 2 folii electroizolante de polietilentereftalat cu mică. De asemenea se produc țesături din fire de sticlă lăcuite.

Pentru executarea conexiunilor înfășurărilor la mașinile electrice lucrînd în condiții de temperatură și umiditate deosebite se execută conductoare și cabluri cu izolație din cauciucuri superioare (butil cauciuc, cauciuc siliconic).

În fine, pentru impregnarea și acoperirea înfășurărilor mașinilor electrice realizate pentru o clasă de izolație superioară clasei A, se produce lacul oleogliptalic modificat cu rășină melamino-termaldehidică bitanolizată (cunoscut sub indicativul „lac ALM").

Trebuie reținut faptul că dezvoltarea fabricației de materiale cu caracteristici electroizolante superioare este în plină desfășurare, pentru asigurarea înlocuirii în cea mai mare măsură a materialelor care în prezent se procură din import. În această activitate se are în vedere că, în decursul anilor 1961—1965, în construcția de mașini electrice utilizarea materialelor electroizolante evoluează așa cum se arată în fig. 2.

4. Sisteme de izolație de clasă E, B, F și H în construcția mașinilor electrice de joasă tensiune : realizări din țara noastră

Cunoscînd proprietățile de bază ale materialelor electroizolante, constructorul de mașini electrice trebuie să aibă în vedere, la stabilirea schemei de izolație, coordonarea dintre diferitele părți componente ale acesteia, astfel încît comportarea ansamblului să fie unitară. În acest sens, constructorul trebuie să aleagă corespunzător cu izolația conductoarelor de bobinaj și celelalte materiale pentru izolația în crestătură, lacurile de impregnare etc.

În cele ce urmează se vor da exemplul de soluții (sisteme) folosite în țara noastră și soluții recomandate de autor pentru obținerea de clase de izolație superioare clasei A, în construcția de mașini electrice de joasă tensiune.

4.1. *Sisteme de izolație de clasă E*

Pentru clasa de izolație E, temperatura limită admisă fiind 120°C pentru materiale, respectiv 110°C pentru temperatura măsurată pe mașină prin diferitele metode, s-a folosit la noi în țară, la realizarea seriei noi unitare de motoare asincrone trifazate de 0,6... 100 kW, următoarea schemă de izolație :

a) Izolația conductoarelor de bobinaj

La conductoarele rotunde s-a adoptat folosirea emailului poliamidic, tip izorelon, fabricat curent în țară la F.C.M.E. La conductoarele de secțiune dreptunghiulară, neexistînd o izolație de clasă E la dispoziție, s-a recurs la uti-

lizarea firelor de sticlă asociată cu un lac epoxidic, ulterior lac tereftalic, aceste izolații corespunzînd clasei B de izolație.

b) Izolația în crestătură

— *Teaca electroizolantă* a fost realizată dintr-un material combinat (izolație de crestătură combinată), constituit dintr-o folie electroizolantă de (polietilentereftalat) (hostaphan, mylar) lipit între două foi de carton electrotehnic (preșpan) subțire.

Grosimea (foliei) izolante este cuprinsă între 0,015 mm și 0,050 mm, grosimea întregii izolații variind între 0,25 și 0,55 mm.

— *Izolația între straturi* a fost realizată corespunzător din același material ca și teaca izolantă (izolație combinată).

În cazul conductoarelor de secțiune dreptunghiulară și de secțiune mare, se poate recurge la o izolație între straturi mai bună, folosindu-se o sticlomicanită care, avînd proprietăți mecanice mai bune, dă garanții mai bune pentru calitata execuției.

În ceea ce privește izolația la fundul crestăturii și izolația sub pană, acolo unde acestea există, s-a utilizat același material combinat.

Pentru realizarea clasei E de izolație, în multe țări s-a folosit izolația combinată realizată cu derivați ai celulozei (diașpanul, triașpanul etc). Aceste materiale izolante, datorită calităților electrice și mecanice mai slabe ale peliculei de diacetat, de triacetat sau de acetobutirat față de pelicula de tereftalat de polietilenă (mylar Rostaphan), sînt mai slabe decît izolația folosită la noi pentru seria unitară de motoare.

— *Pana* pentru închiderea crestăturii pentru motoarele seriei unitare de la 0,6... 100 kW, ca și în toate cazurile motoarelor în clasă E de izolație, se execută din lemn, tratat normal împotriva umidității.

c) Izolația la capetele de bobină

Adoptîndu-se linia modernă de a se renunța la bandajarea completă a capetelor de bobină, folosită în trecut și care reduce posibilitățile de răcire ale înfășurării, izolația la capetele de bobină (coturile) pentru clasa E de izolație se realizează cu același material folosit pentru teaca izolantă. Consolidarea capului de bobină se face cu bandă țesută din fire de sticlă (prin coasere cu pas rar), cu bandă din foliu sintetic, sau cu șnur din fire de sticlă, diametrul acestuia nedepășind 2 mm. În cazul mașinilor electrice deschise (P 22), la care temperatura de serviciu a capetelor de bobină nu depășește limitele clasei A de izolație, consolidarea acestora se poate face cu benzi din materiale de clasa A (bumbac, mătase).

Izolarea legăturilor între bobine se face cu tub din țesătură, impregnat (tub linoxinic) sau din țesătură de sticlă, impregnat cu un lac epoxidic sau siliconic, această din urmă soluție fiind însă mai puțin economică. Cînd temperatura la capetele de bobină nu depășește temperatura limită a clasei de izolație A, se pot folosi tuburi izolante din țesături de bumbac sau mătase, impregnate, tuburi din PVC, polietilenă sau alte materiale din clasa de izolație A.

d) Impregnarea și acoperirea

Pentru impregnare se folosește un lac melaminogliptalic tip ALM, produs de F.C.M.E. Acesta poate fi folosit cu succes și pentru clasa de izolație B. Un accent deosebit se pune pe desfășurarea tehnologiei de impregnare (respectarea ciclurilor de impregnare-uscare) pentru asigurarea impregnării corecte a materialelor din crestătură.

Acoperirea se face cu același lac, avînd bineînțeles o viscozitate corespunzătoare.

e) Conductoarele de conexiune

În ceea ce privește conductoarele de conexiune, în general în cadrul utilizării clasei E de izolație, în construcția mașinilor electrice deschise (P_{22}), deoarece solicitările termice ale materialelor nu diferă sensibil de cele existente în mașinile construite în clasa A, se pot utiliza aceleași materiale. În cazul mașinilor de construcție închisă, este recomandabil ca izolația conductoarelor să se execute din cauciuc sintetic cu inserție din țesătură din fire de sticlă.

4.2. *Sisteme de izolație de clasă B*

În această clasă de izolație se execută în țara noastră motoare asincrone de puteri mijlocii și mari și unele mașini de curent continuu.

Schema de izolație la aceste mașini cuprinde:

a) *Izolația conductoarelor de bobinaj*: email tereftalic sau izolație din fire de sticlă cu un lac tereftalic sau siliconic.

b) *Izolația în crestătură* (teaca izolantă și izolația între straturi): izolație combinată realizată din mică între două folii izolante din polietilentereftalat (hostaphan) grosimea 0,45... 0,55. Acest material combinat se produce de FCME — București.

Teaca izolantă continuă a bobinelor tari (din conductor de secțiune dreptunghiulară): micafoliu cu șellac.

c) *Izolația la capetele de bobină*: micabandă pe țesătură de sticlă (pentru bandajarea locală a bobinelor tari), bandă din fire de sticlă (pentru izolare superficială și consolidare).

d) *Impregnare și acoperire*: lac ALM (fabricat în RPR la FCME) sau lac V199 (lac pe bază de rășini sintetice).

e) *Conductoare de conexiune*: țesătură de sticlă impregnată cu lac siliconic, tub din țesătură de sticlă, impregnat cu lac siliconic, izolație din cauciuc siliconic.

4.3. *Sistem de izolație de clasă F*

În țară realizarea mașinilor electrice în clasa de izolație F, cu temperatura de serviciu 155°C, s-a pus cu ocazia asimilării unor mașini de curent continuu pentru acționări electrice pe nave, deoarece dimensiunile de gabarit mici și greutatea specifică redusă formează pentru acest gen de utilaj criteriile de bază în stabilirea soluțiilor constructive.

Soluția elaborată pentru experimentare este următoarea:

a) *Izolația conductoarelor de bobinaj*: izolația din fire de sticlă impregnată cu lac siliconic peste un email tereftalic (produsă de FCME).

b) *Izolația în crestătură*: sticlomicanită (produsă de FCME).

c) *Izolația la capetele de bobină*: sticlomicabandă și bandă din fire de sticlă.

d) *Impregnare și acoperire*: lac V199 în alternativă cu lac siliconic tip R 222.

e) *Pana*: sticlotextolit cu siliconi.

Sistemele de izolație de clasă F sînt caracterizate prin utilizarea produselor pe bază de fire de sticlă și mică. Lianții organici întrebuințați pentru aceste materiale, ca și lacurile de impregnare, pot fi materiale siliconice sau materiale pe bază de rășini poliesterice (de tipul poliesterilor tereftalici). Soluția optimă o prezintă utilizarea rășinilor siliconice ca materiale de încleiere sau a cauciucurilor siliconice în același scop.

4.4. *Sisteme de izolație de clasă H*

Pentru dezvoltarea fabricației de mașini electrice cu caracteristici superioare, legat de cererile sectoarelor economiei naționale pe de o parte, iar pe de altă parte de asimilarea în țară a materialelor electroizolante cu caracteristici din ce în ce mai bune, această problemă poate fi considerată ca actuală.

Ca soluție pentru realizarea schemei de izolație în clasa H [1] se recomandă următoarele două variante bazate fie pe rășini siliconice, fie pe cauciuc siliconic:

4.4.1. Materiale electroizolante pentru clasa H, cu rășini siliconice

a) *Izolație în crestătură* (teaca izolantă, izolația între straturi):

— micanită flexibilă cu una sau două pînze de sticlă, grosime 0,2...0,5 mm;

— material stratificat (două straturi din pînză de sticlă, un strat de mică, două straturi de hîrtie de azbest) cu formarea la rece: grosimea 0,45...0,5 mm;

— material stratificat (trei straturi pînză de sticlă, două straturi hîrtie de azbest), cu formare la cald la 120°C grosimea 0,4...0,5 mm;

— sticlotextolit cu sau fără conținut de mică pentru tecile prefabricate.

b) *Izolația porțiunilor de bobină și la capetele de bobină*

— bandă din țesătură de sticlă impregnată cu siliconi, grosime 0,04 ... 0,1 mm, în lățimi de la 6 mm;

— micabandă pe tesătură de sticlă cu siliconi, grosime 0,12 mm, în lățimi de la 6 mm;

— sticlomicafoliu cu siliconi, grosime 0,08... 0,1 mm pentru diferite compoziții de lac în proporții diferite.

c) *Pana*: sticlotextolit fără conținut de mică, grosime de la 15 mm.

4.4.2. Materiale electroizolante pentru clasa H, cu cauciuc siliconic

a) *Izolație în crestătură* (teacă izolantă, izolație între straturi). Pînză de sticlă impregnată cu cauciuc siliconic în grosime de la 0,1 la 0,15 mm.

b) *Izolația părților de bobină și la capetele de bobină*

— banda din țesătură de sticlă impregnată cu cauciuc siliconic, cu marginea întărită, în grosime de la 0,1 la 0,15 mm și lățimi de la 10 la 40 mm;

— cauciuc siliconic turnat, cu vulcanizare la rece.

c) *Izolația legăturilor și a bornelor*

— tuburi de sticlă impregnate cu cauciuc siliconic, diametru interior de 1 mm pînă la 25 mm, grosime peste 0,5... 0,7 mm;

— izolația conductoarelor din cauciuc siliconic.

Pentru ambele variante, izolația conductoarelor de bobinaj este realizată cu fire de sticlă și siliconi. Lacurile de impregnare siliconice trebuie să fie alese astfel încît să fie compatibile cu lacul (rășina) din componența celorlalte materiale.

5. Dezvoltarea fabricației de materiale electroizolante moderne, condiție esențială pentru ridicarea nivelului tehnic al fabricației de mașini electrice în țara noastră

Progresul tehnic, element care caracterizează întreaga activitate a economiei noastre naționale și respectiv a industriei producătoare de mașini electrice, este determinat de obținerea de performanțe din ce în ce mai bune, de construcții din ce în ce mai moderne, gabarite mai mici, consumuri specifice cît mai reduse [2].

Așa cum s-a arătat, constructorul de mașini electrice trebuie să aibă în evidență atingerea tuturor acestor obiective. Pentru aceasta este necesară asigurarea unei baze de materiale electroizolante, cît mai ieftine și în sortimente cît mai complete.

Utilizarea unui număr restrîns de materiale electroizolante de clasă superioară în mașinile electrice poate duce la utilizarea nerațională

a materialelor avute la dispoziție și, în final, la obținerea unei construcții neeconomice.

Industria noastră electrotehnică, creație a regimului democrat-popular, obține rezultate din ce în ce mai bune în ceea ce privește nivelul tehnic al producției în general și nivelul tehnic al producției de mașini electrice în special.

Țara noastră este printre primele țări care au introdus în fabricație motoare asincrone cu scara de puteri și dimensiuni de gabarit conform recomandărilor Comisiei Electrotehnice Internaționale. La noi în țară se desfășoară în front larg asimilarea de mașini electrice pentru condiții grele de lucru, pentru utilizări speciale și se dezvoltă din ce în ce mai mult fabricația de mașini destinate exportului în țări cu climă tropicală.

În ceea ce privește asigurarea bazei materiale corespunzătoare, Fabrica de Cabluri și Materiale Electroizolante din București a făcut însemnate progrese, punînd la dispoziția fabricilor constructoare de mașini electrice conductoare de bobinaj, izolații de crestătură, materiale stratificate și lacuri de impregnare de clasă superioară clasei de izolație A. Mai este însă mult de făcut în această direcție. Efortul industriei chimice din țara noastră trebuie să se îndrepte spre satisfacerea cererilor de materiale ale industriei electrotehnice, cu atît mai mult cu cît în țara noastră există o bază bogată de materii prime.

Așa cum s-a arătat în Directivele C.C. al P.M.R. referitor la întrecerile socialiste în cinstea celei de a 40-a aniversări de la înființarea Partidului Comunist Romîn, atît producătorii de mașini electrice, cît și cei ce produc materiale electroizolante și materiale ce stau la baza fabricării acestora, trebuie să fie călăuziți de introducerea în măsură din ce în ce mai mare a materialelor electroizolante moderne, singura cale pentru obținerea reducerii consumului de tablă silicioasă și cupru în fabricația de mașini electrice.

Bibliografia

[1] *Kisewatter K.*: Isolationsysteme der Isoliestoffklassen Fund H, Werkzeitschrift der Dr. Beck GmBH, nr. 23/1960, pag. 3 ș.a.

[2] *Crișan I.*: Sarcinile industriei electrotehnice din R.P.R. în lumina Directivelor Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn. Electrotehnica 8 (1960), pag. 267—274.

Intrat în redacție la 7.5.1962

Încercările funcționale accelerate de durata de viață a materialelor electroizolante

Christina Popescu, Virgil Raicu și Cecilia Lefter * — București

Într-un articol precedent s-a arătat dependența duratei de viață a materialelor electroizolante — și deci a mașinilor electrice din a căror construcție fac parte aceste materiale — de temperatură, dependență exprimată sub forma unor „legi de durată de viață".

În articolul de față se descrie modul de executare a încercărilor funcționale accelerate, bazate pe legea menționată, prin care se determină durata de viață a sistemelor de izolație în condiții apropiate de cele din exploatare, pentru sisteme destinate motoarelor asincrone de 1—40 CP cu înfășurări din bobine moi. Se arată unele rezultate obținute și se remarcă oportunitatea executării de astfel de încercări și în țara noastră.

CZ 621.315.611 : 621.317.333.1

Ideea aprecierii așa-zise „funcționale" a materialelor electroizolante, adică a determinării stabilității lor termice în condiții cît mai apropiate de cele din exploatare, apare în literatura tehnică în anul 1948 [1], [2] și cîțiva ani mai tîrziu metodele de încercare funcțională sînt, universal, recunoscute și principiile care stau la baza lor, definitiv stabilite [3], [4].

A. PRINCIPIILE ÎNCERCĂRILOR FUNCȚIONALE

Principiul fundamental al încercărilor funcționale este acela că ele trebuie să țină seama de scopul în care va fi utilizat materialul izolant respectiv în mașina sau aparatul din care va face parte. Din acest punct de vedere, materialele ar putea fi împărțite în trei categorii [5]:

a) materiale izolante propriu-zise, cu rol de *barieră dielectrică*;

b) materiale izolante care au rolul de a realiza o *separare fizică* avînd o rezistivitate de suprafață destul de mare pentru a evita, practic, curenții de scurgere la suprafață;

c) materiale izolante cu rol de *suport fizic*, cu calități electrice mai modeste, ele servind numai ca suport altor materiale electroizolante, cu caracteristici electrice superioare, dar cu rezistență mecanică insuficientă pentru scopul în care sînt utilizate.

* Ing. *Chr. Popescu* este conferențiar iar ing. *V. Raicu* și ing. *C. Lefter* sînt asistenți la Institutul politehnic — București.

Este de observat că în cadrul unui aparat sau al unei mașini electrice, deoarece temperaturile de funcționare nu sînt identice în fiecare punct, se pot folosi, după funcțiunea ce o îndeplinesc, după locul pe care îl ocupă, materiale de stabilități termice diferite [6].

Pe de altă parte, condițiile în care funcționează materialele electroizolante în diverse tipuri de mașini și aparate sînt foarte diferite. În consecință, trebuie să se elaboreze metode de încercări funcționale ale materialelor electroizolante pentru diverse aplicații specifice ca: înfășurări statorice ale motoarelor electrice, înfășurări de excitație, înfășurări de transformatoare, specificîndu-se, în fiecare caz, pentru ce anume tip de mașină, de transformator sau de aparat sînt destinate înfășurările respective.

Un alt principiu de bază al încercărilor funcționale este acela ca procedeul de îmbătrînire folosit să cuprindă, pe cît posibil, toate solicitările care apar în aplicația respectivă, în exploatare. Deci încercările nu trebuie să se limiteze la studiul influenței temperaturii asupra materialelor electroizolante, ci trebuie să includă și influența umidității, a vibrațiilor, a solicitărilor electrice, eventual și a altor factori, aplicați fie simultan, fie ciclic. Condițiile încercării trebuie să se apropie cît mai mult de condițiile reale de funcționare. În alegerea criteriului de distrugere trebuie să se țină seama de caracteristica materialului cea mai strîns legată de funcționarea mașinii sau aparatului, valoarea finală, limită, a acestei caracteristici fiind aceea la care mașina sau aparatul nu mai funcționează în condiții satisfăcătoare sau chiar este scos din funcțiune.

Pentru aprecierea materialelor electroizolante în condiții cît mai apropiate de cele de exploatare, trebuie să se studieze nu numai materialele, separat — încercarea acestora ca atare constituind un prim pas, o încercare de filtraj — ci și combinațiile lor simple sau sistemele de izolație. Aceasta, întrucît încercările executate asupra materialelor electroizolante luate separat nu pot da informații precise asupra compatibilității chimice, în condițiile de exploatare, a materialelor ce constituie un sistem de izolație.

Sistemele clasice de izolație în special cele de clasa A și în parte cele de clasa B, pentru care se posedă date din exploatare, de mai multe decenii, a mașinilor și aparatelor electrice echipate cu asemenea sisteme, constituie criteriul de comparație pentru sistemele alcătuite din materiale noi.

Pentru a realiza această comparație și a deduce, într-un timp redus, durata de viață a noilor sisteme comparativ cu durata de viață a sistemelor consacrate, bineînțeles, în aceleași condiții de funcționare, ideea executării de încercări accelerate, bazate pe noile principii ale încercărilor funcționale, apare ca o necesitate obiectivă.

Aceste încercări sînt bazate, așa după cum am văzut [7] pe legea duratei de viață τ determinată pe considerente teoretice:

$$\ln \tau = a + \frac{b}{T},$$

în care T este temperatura absolută iar a și b, constante de material, a cărei formă liniară permite deducerea, prin extrapolare, a duratei de viață la temperatura de exploatare, dacă se determină dreapta respectivă prin încercări accelerate, adică la temperaturi mai ridicate.

Încercările funcționale ale sistemelor de izolație se execută fie pe mașini, transformatoare sau aparate construite, fie pe modele.

B. ÎNCERCĂRILE FUNCȚIONALE PE MODELE

Pînă nu de mult, inginerii electricieni n-au făcut mare uz de modele. De 10—15 ani însă ele au început să fie studiate, constatîndu-se că pot prezenta mare interes. Astfel s-au dezvoltat „modele adecvate", adică modele care să permită stabilirea cu precizie a *anumitor* caracteristici ale obiectului de încercat, cum ar fi aprecierea stabilității termice a sistemelor de izolație. Astfel de modele pentru transformatoare de tip uscat sînt *transformeretele* pentru motoare, *motoretele* și pentru generatoare *generetele*, condițiile pe care trebuie să le îndeplinească aceste modele fiind cu totul diferite.

Procedeele de încercare funcțională a sistemelor de izolație pentru mașinile electrice au fost dezvoltate, în primul rînd, în S.U.A., unde apar și primele standarde [8], fiind adoptate în scurt timp și în Europa și anume în U.R.S.S. [9], [10], [11], [12], în Germania [13], [14], Franța [15], Suedia [16] și altele.

Încercări pe motorete

a) *Tipuri de motorete*

Modelul de motoretă adoptat, după o serie de încercări executate de diverși cercetători, este acela propus în anul 1952 de Cypher și Harrington [17] pentru motoare asincrone de 1—40 CP și tensiuni pînă la 600 V, cu înfășurări din bobine moi. Cu mici modificări, în anul 1956 această motoretă este standardizată [18].

Pentru alte tipuri de motoare, conform principiului de bază al încercărilor funcționale, motoretele sînt diferite.

În cele ce urmează ne vom ocupa numai de primul tip de motoretă, care este cel mai cunoscut pînă în prezent și pentru care s-au strîns suficiente date experimentale pentru a se putea trage anumite concluzii.

b) *Descrierea motoretei; trăsăturile ei caracteristice*

Motoreta este o reprezentare a unui pachet de tole dintr-o mașină electrică, cu izolația și porțiunea de înfășurare corespunzătoare.

două capete ale fiecărei bobine sînt legate la cîte o bornă izolată de corpul motoretei cu izolatori de porțelan.

Din cele de mai sus se constată că trăsăturile caracteristice ale motoretei sînt următoarele:

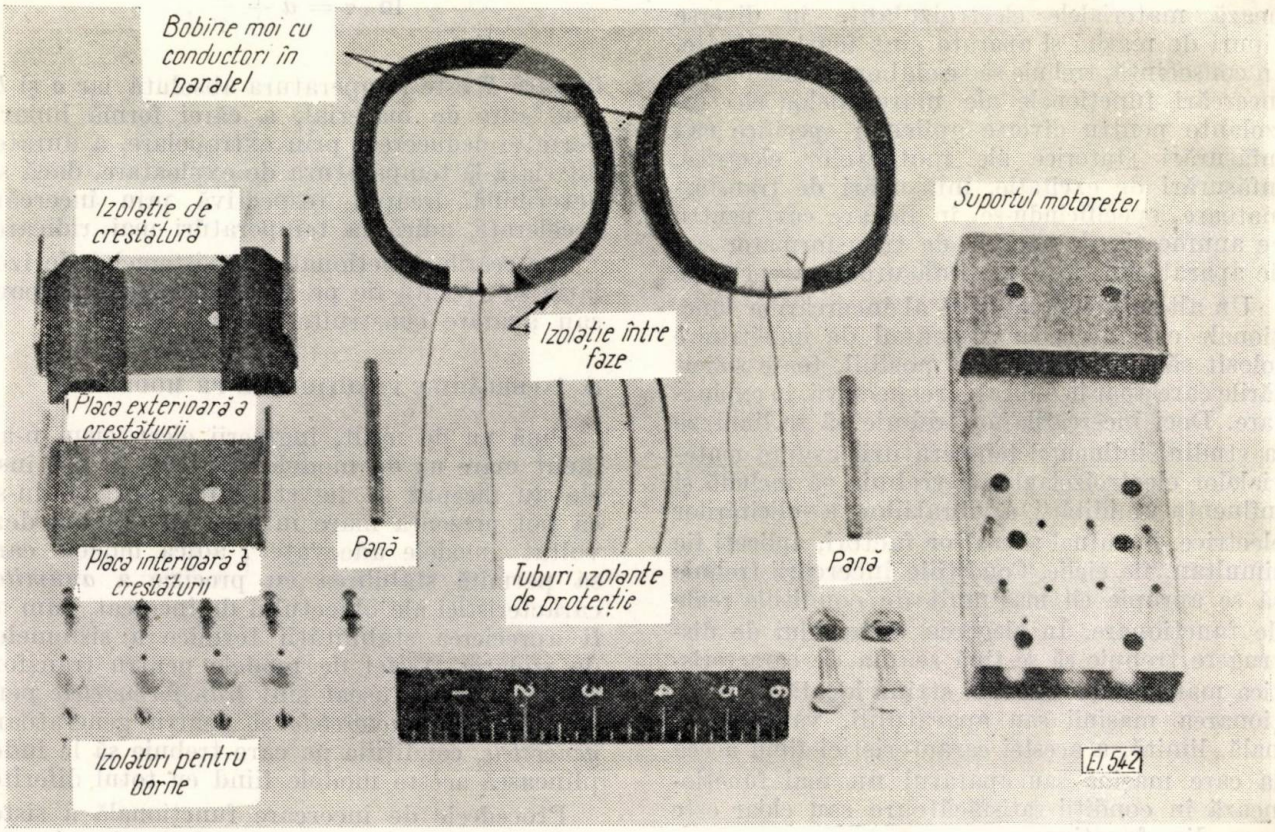


Fig. 1. Componentele motoretei pentru încercarea sistemelor de izolație pentru motoare asincrone de 1—40 CP, cu înfășurări din bobine moi.

În figura 1, sînt reprezentate componentele motoretei pentru încercarea sistemelor de izolație pentru motoare asincrone de 1—40 CP, cu înfășurări din bobine moi, iar în figura 2, motoreta asamblată (după standardul AIEE 510 [18].

După cum se vede, motoreta constă dintr-un suport rigid prevăzut cu borne și reprezentînd două crestături realizate cu ajutorul a două plăci îndoite. Dimensiunile crestăturilor sînt acelea ale crestăturilor unui motor real de un tip mult folosit în diverse încercări de durată de viață. Crestăturile cuprind două bobine bobinate cu cîte două conductoare în paralel, pentru a da posibilitatea unei încercări între spire. Izolația crestăturii, a conductorului, între straturi și capetelor de bobine, pana de fixare și impregnarea, într-un cuvînt, întregul sistem de izolație, sînt aceleași ca la motorul real.

Pentru a nu fi deteriorate la introducerea lor în crestătură, se așază întîi bobinele și apoi se fixează partea interioară a crestăturii. Cele

1) motoreta folosește aceeași crestătură, același conductor și același sistem de izolație ca un motor real, asamblate în aceleași condiții;

2) pe motorete se pot aplica aceleași procedee de impregnare ca pe motoarele reale;

3) motoretele sînt prevăzute cu plăci de borne, la care sînt legate extremitățile bobinelor, astfel ca încercările să se execute comod și fără deteriorarea conductoarelor;

4) procedeul de asamblare a bobinelor folosit împiedică deteriorarea acestora;

5) motoreta gata montată este comodă, ușor de manipulat și ieftină.

c) *Executarea încercărilor*

Alegerea ciclului de încercare. Factorii la care sînt supuse motoretele în cadrul încercărilor funcționale sînt: temperatura, umiditatea, vibrațiile mecanice, tensiunea aplicată (cîmpul electric).

Aplicarea lor se face ciclic pînă la distrugerea motoretei. Criteriul de distrugere considerat

este străpungerea sub tensiunea ce se aplică motoretei, periodic, în decursul ciclurilor. Punctul final al încercării este acela la care unul dintre elementele înfășurării este străpuns la aplicarea tensiunii.

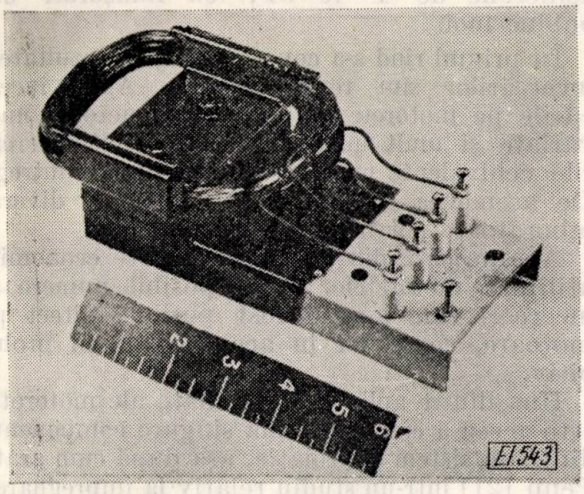


Fig. 2. Motoreta asamblată, echipată cu bobinele respective.

Tipul, mărimea și succesiunea solicitărilor au fost alese după o serie de tatonări pentru a se determina condițiile cele mai potrivite de încercare. Astfel, solicitările electrice și mecanice prevăzute nu întrec pe cele ce pot apărea în mod real în condiții normale de exploatare, dar expunerile la temperatură și umiditate sînt intenționat mai severe, cu scopul de a scurta timpul de încercare.

Din punctul de vedere al ordinii de aplicare a solicitărilor, s-a constatat că ordinea cea mai avantajoasă este următoarea: supunerea la temperatură, la solicitări mecanice, la acțiunea umidității și în sfîrșit la tensiunea electrică, aceasta fiind, în acest mod, aplicată izolației slăbite datorită solicitărilor anterioare.

Incercări preliminare. Înainte de a supune motoretele ciclurilor de încercare, li se aplică o tensiune inițială de 3 000 V, timp de un minut, între bobine și masă, precum și între cele două bobine, pentru a elimina motoretele necorespunzătoare. Tensiunea de 3 000 V a fost aleasă pentru a aproxima o încercare tipică de fabrică [17].

Incercarea de îmbătrînire termică. Factorul accelerator principal în încercările funcționale este temperatura, fiind știut că solicitarea termică este principala cauză de îmbătrînire a izolației.

În timpul încercării de îmbătrînire termică, motoretele sînt expuse la acțiunea temperaturii în cuptoare. Ele se așază direct în cuptoare preîncălzite și sînt scoase din cuptoare în stare caldă, suferind deci două șocuri termice.

Spre deosebire de situația reală pe mașină, întreaga izolație este supusă aceleiași temperaturi. De asemenea, la mașina reală produsele de descompunere a izolației sînt înlăturate prin ventilație, pe cînd la îmbătrînirea în etuvă, aceste produse rămîn în contact cu izolația.

În standardul AIEE 510 [18], relativ la modul de executare a încercărilor funcționale pentru tipul de motoare menționat, se specifică, pentru sisteme de izolație cu anumite temperaturi limită de funcționare, timpul de încercare (în zile) în funcție de temperatura de încercare (tabela nr. 1).

Tabela 1

Temperaturile și duratele de expunere (în zile) pentru motorete

Temperatura de expunere, °C	Temperatura presupusă a punctului celui mai cald				
	100–120	125–145	150–170	175–195	200–240
300					1
290					2
280					4
270					7
260					14
250				1	28
240				2	49
230				4	
220			1	7	
210			2	14	
200		1	4	28	
190		2	7	49	
180	1	4	14		
170	2	7	28		
160	4	14	49		
150	7	28			
140	14	49			
130	28				
120	49				

Observație: Temperatura aleasă va fi menținută constantă în limitele $\pm 3^{0}$C.

Perioadele de expunere pentru fiecare temperatură și diversele clase de izolație au fost astfel alese, încît durata de viață medie determinată să fie de aproximativ 10 cicluri în fiecare caz.

Pentru a se putea trasa corect dreapta $\log \tau = f(\frac{1}{T})$ a logaritmului duratei de viață în funcție de inversul temperaturii, se recomandă ca motoretele să fie expuse cel puțin la trei

temperaturi de încercare, dintre care una corespunzînd la durate de încercare de 49 sau cel puțin de 28 de zile.

Încercarea la fiecare temperatură se execută asupra a cel puțin 10 motorete.

Expunerea la vibrații. Pentru a reproduce eforturile mecanice ce pot apărea în mașinile electrice în timpul funcționării, motoretele, fixate pe o masă oscilantă, sînt supuse timp de o oră la vibrații verticale de frecvență industrială de 60 Hz (pentru țările europene la 50 Hz), cu o amplitudine dublă de 0,2 mm(8 mils), conform standardului menționat. În Germania se preferă o amplitudine dublă de 1 mm, timpul de încercare fiind prelungit la 5 ore [13], [14].

Aceste încercări se execută la temperatura camerei, fără a se aplica tensiunea.

Expunerea la umiditate. Această expunere se folosește, pe de o parte, pentru a reproduce o solicitare la umiditate mai severă decît cea normală ce ar putea să apară în exploatare, iar pe de altă parte, pentru a pune în evidență anumite defecte ce pot să apară la îmbătrînirea izolației.

Expunerea la un grad de umiditate mai ridicat ca cel real este, după temperatură, al doilea factor accelerator al procesului de îmbătrînire. Ca rezultat al încercărilor executate în diferite condiții de umiditate, se prevede că motoretele trebuie supuse la o umiditate relativă de 100%, cu condensare vizibilă pe înfășurări, timp de 48 de ore. Modul de realizare a acestor condiții este indicat în standardul amintit.

Solicitarea la tensiune. Aplicarea tensiunii de încercare se va face imediat după scoaterea motoretei din atmosfera umedă sau de preferință chiar în atmosfera umedă. Pentru tensiuni în exploatare de 110—550 V se aplică o tensiune de 600 V între cele două bobine ale motoretei, precum și între fiecare bobină și masă timp de cîte 10 minute; între spirele unei bobine se aplică, tot timp de 10 minute, o tensiune de 50 V care, după ultimele recomandări din literatură, se ridică la 120 V [19].

Străpungerea oricărei componente a sistemului de izolație este considerată ca sfîrșitul vieții întregului sistem.

Pentru a se obține informații relative la degradarea materialelor electroizolante, se recomandă să se execute la fiecare ciclu, după încercarea la tensiune, încercări nedistructive ca: măsura rezistenței de izolație, a factorului de pierderi, a permitivității etc. În caz cînd s-ar dovedi că vreuna dintre aceste caracteristici ar putea fi luată ca măsură pentru degradarea materialului respectiv, încercarea respectivă ar urma să fie inclusă în viitor în ciclurile de încercare.

Observații relative la utilizarea motoretelor

Încercările executate în ultimii 10 ani pe tipul de motoretă indicat au dovedit că aceasta este o foarte bună unealtă pentru aprecierea sistemelor de izolație, utilizate în motoarele asincrone de 1—40 CP, cu înfășurări din bobine moi.

În primul rînd s-a constat [20] că rezultatele încercărilor sînt reproductibile. Apoi, încercările pe motorete pot fi mai numeroase, mai variate și mult mai economice decît încercările echivalente executate pe motoare întregi. De asemenea, rezultatele obținute de diverse laboratoare pot fi ușor comparate.

Avantajoasă din punct de vedere economic, utilizarea motoretelor a făcut posibile numeroase încercări care n-ar fi fost posibile direct pe motoare, costul lor în acest caz fiind prohibitiv.

Una dintre aplicațiile imediate ale motoretei este aceea a cercetării unei singure componente dintr-un sistem de izolație, așa după cum arată Penn [21] într-un studiu relativ la impregnarea unei izolații statorice cu diferite lacuri.

Motoreta se poate folosi, de asemenea, pentru aprecierea stabilității termice a conductoarelor emailate, ca parte componentă a unui sistem de izolație, sau la stabilirea sistemelor de izolație cu proprietăți optime de rezistență la climatul tropical. Astfel de încercări au început să se execute de acum cîțiva ani și în țara noastră.

De asemenea, prin executarea de încercări pe motorete se pot perfecționa sistemele de izolație studiate și prin determinarea locului de apariție a străpungerii și, eventual, fără a schimba materialele componente, ci numai prin simpla modificare a formei și dispoziției geometrice a componentelor.

In sfîrșit, după cum s-a menționat, una dintre cele mai importante utilizări a motoretei este folosirea ei pentru aprecierea sistemelor de izolație realizate din materiale noi, comparativ cu sistemele consacrate de izolație. Din încercarea celor două sisteme în aceleași condiții — prin încercări funcționale accelerate — se poate deduce fie durata de viață a noului sistem față de durata sistemului consacrat, la aceeași temperatură de funcționare, fie temperatura la care poate funcționa noul sistem, astfel încît să aibă aceeași durată de viață ca sistemul consacrat.

C. ÎNCERCĂRI PE MOTOARE

Primele încercări pe motoare

Cu mult înainte de a se executa încercări funcționale, s-au executat încercări de durată de viață pe motoare întregi, ca cele executate de Büssing [7] în anul 1942. Pentru a încerca motoarele la temperaturi mai mari decît cel

de exploatare, acest autor utilizează metoda măririi întrefierului, ceea ce conduce la o creștere a puterii reactive de mers în gol a motoarelor.

Alți cercetători îmbătrînesc termic statoarele mașinilor de încercat — în general mașini de puteri fracționare — anumite perioade de timp, după care mașinile sînt asamblate și puse să funcționeze la temperatura camerei, cu inversări bruște ale sensului de rotație, la intervale, de exemplu, de 90 secunde. În acest fel execută încercări Kalitvianski, înainte de anul 1949, pe un mare număr de motoare [22].

În S.U.A., în laboratoarele societății General Electric Co. s-au executat timp de 14 ani încercări de durată de viață pe sute de motoare de puteri fracționare; rezultatele acestor încercări s-au publicat în anul 1953 de către Hermann. Acest cercetător propune două metode : a) metoda încercărilor în cuptor, care constă din îmbătrînirea termică a statoarelor la trei temperaturi, urmată de asamblarea motoarelor, expunerea la umiditate și apoi funcționarea acestora timp de o oră cu un ciclu de inversare de $2^1/_2$ minute, pînă la distrugere, și b) metoda de autoîncălzire, care se execută asupra motorului întreg cu ventilația, astfel reglată, încît să se încălzească la temperatura dorită, fără a funcționa în sarcină.

În a doua metodă, spre deosebire de prima, solicitările electrice ale motorului sînt cele normale, iar solicitarea la vibrație este realizată printr-un număr potrivit de porniri-opriri.

Pe baza încercărilor menționate și a altora, în anul 1954 apare în S.U.A. un standard relativ la metoda de încercare funcțională a motoarelor asincrone cu înfășurări din bobine moi, a cărui revizuire conduce în anul 1956 la standardul AIEE 510 [18] menționat mai sus.

Executarea încercărilor funcționale

Încercări preliminare. Acestea se execută pentru a elimina motoarele necorespunzătoare și privesc : încercarea la tensiune înaltă, măsurarea rezistențelor de izolație a înfășurărilor, echilibrarea fazelor, încercarea la impulsuri, repetate și altele.

Dintre acestea se execută, cel puțin, cele mai concludente pentru anumite condiții specifice de funcționare a mașinilor de încercat.

Pentru încercarea unui anumit tip de motor, se recomandă a se lua dintr-un lot cel puțin, cinci motoare.

Încercarea la îmbătrînire termică și la eforturi mecanice. Această încercare se execută făcînd motoarele să funcționeze un timp anumit în condiții speciale, așa încît temperatura să crească la valoarea dorită.

Pentru motoarele monofazate, se recomandă în acest scop ca încercarea să se facă la tensiunea nominală, dar pe motoare cu întrefierul mărit, astfel ca curentul absorbit în gol să fie mai mare decît curentul de sarcină nominal a mașinii normale. Motoarele sînt supuse și la porniri-opriri repetate (minimum 250 pe zi).

Aceste porniri-opriri și inversări repetate au ca scop atît producerea unei încălziri suplimentare care să permită atingerea temperaturii dorite chiar la tensiunea nominală, cît și de a produce *eforturi mecanice* care, în cazul motoretelor, erau obținute cu ajutorul mesei oscilante.

Temperatura motorului este determinată prin metoda măsurării rezistențelor înfășurărilor. Pentru reglajul temperaturii este comod să fie incluse termocupluri în înfășurări. Încercarea se execută la cel puțin trei temperaturi, timpul unei perioade de supunere la îmbătrînire termică fiind ales de aproximativ 1/10 din durata de viață presupusă a izolației la temperatura respectivă.

Temperaturile și duratele de expunere pentru motoare sînt identice cu cele din tabela 1, cuprinzînd însă temperaturile de încercare numai de la 300 la 180°C.

Expunerea la umiditate. Imediat după îmbătrînirea termică, motoarele sînt supuse timp de 48 de ore la umiditatea relativă de 100%, cu condensare vizibilă pe înfășurări. Încercarea se face în incinte închise, ca și pentru motorete. Pentru motoarele complet închise se va demonta scutul mașinii, pentru a permite pătrunderea umezelii în înfășurări.

Solicitarea la tensiune. Din modul de executare a încercării de îmbătrînire termică reiese că tensiunea nominală este aplicată motorului în tot timpul acestei încercări. În plus se recomandă ca imediat după proba de umiditate, să se aplice o tensiune de 600 V timp de cîte un minut, succesiv, între fiecare fază a motorului și masă. Conform ultimelor recomandări [19], această valoare ar fi indicată pentru motoare de 110 V; pentru motoare de 440 V se recomandă tensiunea de 2 000 V. Dacă izolația motorului nu este străpunsă, se începe un nou ciclu de încercare, după un timp de cel mult 15 minute după proba la umiditate.

D. PREZENTAREA ȘI ANALIZA DATELOR OBȚINUTE DIN ÎNCERCĂRILE FUNCȚIONALE

Rezultatele încercărilor funcționale sînt date sub formă de curbe de durată de viță, logaritmul duratei de viață fiind trasat în ordonată și valoarea reciprocă a temperaturii absolute în abscisă. Adesea, această din urmă scară este inversată astfel încît temperaturile, date în °C, să crească spre dreapta.

Durata de viață este dată în număr de ore sau zile pînă la distrugere; motoretele se consideră distruse atunci cînd oricare din componentele înfășurării este distrusă. Motoarele se consideră distruse atunci cînd la începerea unui nou ciclu, ele nu pornesc. Pentru fiecare

motoretă sau motor se recomandă a se nota locul, modul și momentul în care s-au defectat. În figura 3 și figura 4 sînt reprezentate curbele de durată de viață a unui sistem de izolație

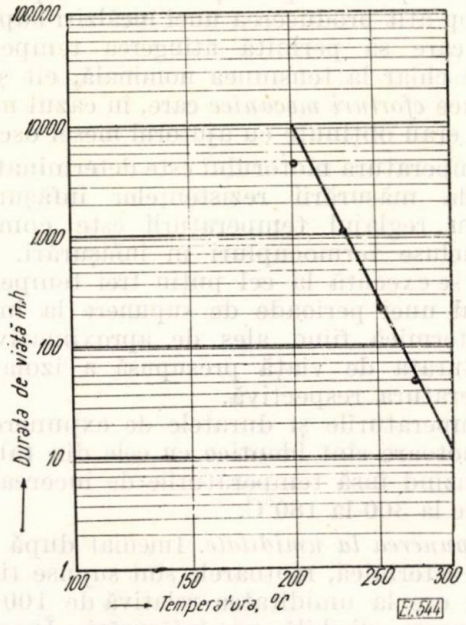


Fig. 3. Curba de durată de viață pentru motorete cu izolație siliconică.

siliconică, determinate de Dexter. În primul caz, autorul a considerat durata de viață medie a unui număr de 5 motorete la tempe-

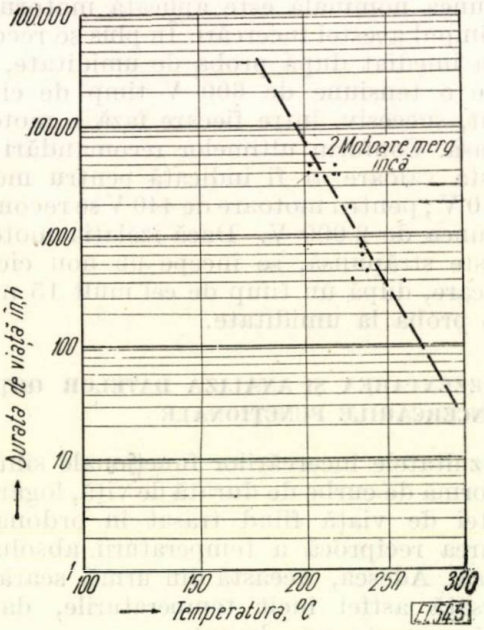


Fig. 4. Curba duratei de viață pentru motoare cu izolație siliconică.

raturile de 275, 150 și 225°C, iar pentru temperatura de 220°C, durata de viață medie a 10 motorete. Pentru încercările executate pe motoare s-au folosit trei motoare la 275°C și tot atîtea la 250°C, cinci motoare la 225°C și 10 motoare la 200°C.

În figura 4 au fost reprezentate, prin puncte, duratele de viață obținute pentru fiecare motor în parte.

Datele obținute din încercările funcționale prezintă o împrăștiere destul de mare mai ales cînd încercările sînt executate de diferite laboratoare. Aceasta nu trebuie să surprindă, dacă se consideră că o schimbare de temperatură de 5°C corespunde la aproximativ 40% din variația duratei de viață.

La încercarea pe motorete se constată diferențe de temperatură de 2—3°C între diversele

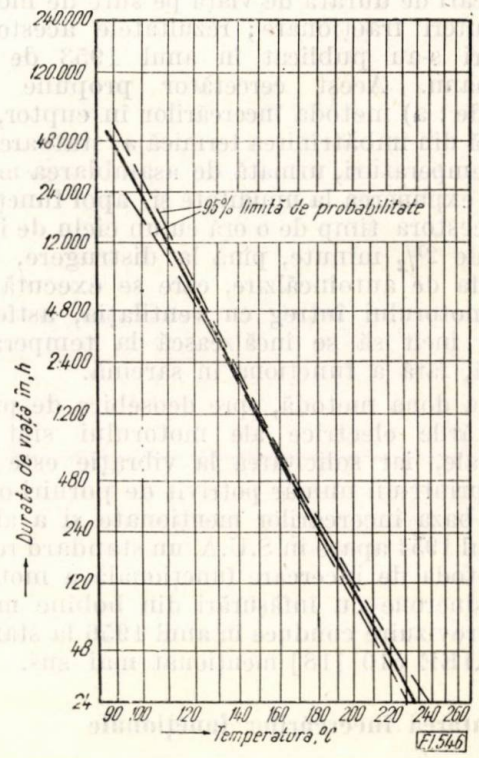


Fig. 5. Curba duratei de viață cu limitele de probabilitate ± 95%.

puncte din cuptorul în care sînt așezate motoretele pentru încercarea de îmbătrînire termică, precum și variații pînă la 100% a amplitudinii vibrațiilor la care sînt supuse motoretele. Pentru ca aceste abateri de la condițiile standard de încercare să influențeze cît mai puțin rezultatele, este necesar să se folosească un număr cît mai mare de motorete. La încercările executate pe motoare apare de obicei o împrăștiere și mai mare, ca la cele executate pe motorete, tocmai pentru că se folosește un număr mult mai mic de motoare, decît de motorete în încercările respective.

Trasarea curbei duratei de viață prin punctele ridicate nu este o problemă simplă. Pentru a trasa cît mai corect dreapta $\ln \tau = f\left(\frac{1}{T}\right)$,

trebuie să se dispună de un număr suficient de date pentru a putea folosi metode statistice.

Dreapta cea mai probabilă, numită dreapta de regresie, este cea pentru care suma pătratelor diferențelor valorilor ridicate, față de linia considerată, este minimă.

De obicei se calculează și limitele de probabilitate 95% superioară și inferioară, trasîndu-se, în locul unei curbe de durată de viață, un domeniu de variație a duratei de viață în funcție de temperatură, așa cum este reprezentat în figura 5.

Metoda precisă de calcul, cu un exemplu de folosire în cazul încercărilor executate pe motorete, este dată, între altele, în standardul AIEE 510 [18].

Numărul calculelor implicate de această metodă este considerabil, ceea ce a condus, în ultima vreme, la utilizarea de calculatoare electronice, cu ajutorul acestora putîndu-se obține nu numai ecuația curbei de durată de viață, ci chiar trasarea ei.

E. COMPARAȚIE ÎNTRE ÎNCERCĂRILE FUNCȚIONALE EXECUTATE PE MOTORETE ȘI PE MOTOARE

O problemă esențială a încercărilor funcționale este punerea în concordanță a încercărilor pe motoare întregi, cu încercările pe motorete. Acestea din urmă permit executarea unui număr mare de încercări cu cost redus. Prin procedeul lor de asamblare, motoretele elimină unele variabile introduse în procesul de fabricație și pot da indicații asupra unor diferențe mici în sistemul de izolație.

Pe de altă parte, încercările pe motoare sînt mai convingătoare, deoarece ele iau în considerare factori ce apar în funcționarea obișnuită, reală, reproducînd mai exact gradienții de temperatură din mașina în exploatare. Astfel de încercări sînt necesare și pentru a controla și a extinde rezultatele obținute pe motorete.

În anul 1959, după ce încercările pe baza standardului AIEE 510 atinseseră o anumită amploare, se inițiază în S.U.A. [19] un vast program de încercări funcționale atît pe motorete, cît și pe motoare, la care participă 9 laboratoare. Încercările se execută asupra unor sisteme de clasa A moderne, pentru motoare asincrone cu înfășurări din bobine moi. În figura 6 sînt reprezentate curbele de durată de viață obținute.

În același timp se execută și încercări pe motoare cu izolații clasice de clasa A, cunoscute din exploatare care să servească ca termen de comparație.

Durata de viață obișnuită a izolației de clasa A, determinată în condițiile standardului AIEE 510, este de aproximativ 12 000 ore, corelația între rezultatele obținute pe motoare și pe motorete fiind destul de bună. Totuși, valorile individuale obținute pentru durata de viață în astfel de încercări variază în limite mari (între 5 000 și 60 000 ore) și urmează să se inițieze o

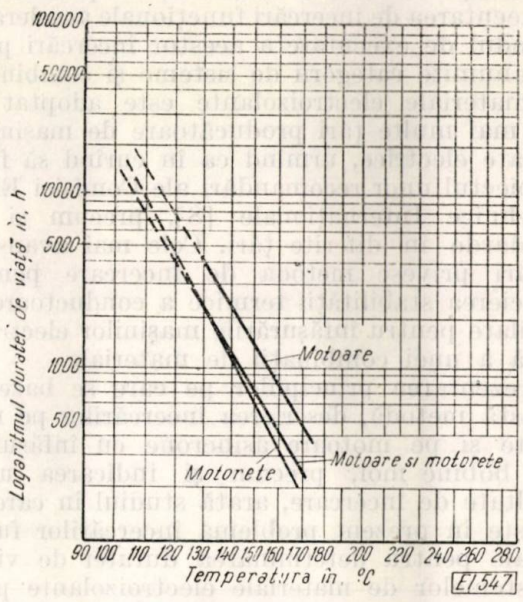


Fig. 6. Curba de durată de viață a sistemelor de izolație de clasa A, obținute din încercări pe motorete și pe motoare.

nouă serie de încercări cu oarecare modificări în metoda de încercare.

După cum s-a arătat [7], [12], durata de viață obținută din încercările funcționale accelerate, date fiind condițiile mai severe la care sînt supuse sistemele de izolație în aceste încercări față de condițiile normale de exploatare, este mai scurtă decît viața reală a acestora și a mașinilor respective. Ținînd seama de solicitările probabile în exploatare a mașinilor asincrone de tipul amintit, unii cercetători propun să se considere că viața reală a mașinii ar fi egală cu de opt ori durata de viață determinată prin încercările funcționale accelerate, în condițiile specificate mai sus.

Această problemă, după cum arată și M. I. Mantrov [12], rămîne o problemă deschisă.

În prezent, în afară de încercări funcționale, se execută de către diverși cercetători încercări pe materiale ca atare, prin diverse metode [23], [24].

Toate aceste cercetări au tendința comună de a insista asupra studiului procesului de îmbătrînire și rezultatele lor interesează pe cercetători pe de o parte ca încercări de filtraj și pe de altă parte, pentru informațiile pe care le dau asupra metodei de încercare, căutîndu-se calea cea mai bună pentru aprecierea duratei de viață a materialelor electroizolante în anumite condiții de încercare.

CONCLUZII

Pentru determinarea duratei de viață a materialelor și sistemelor de materiale electroizolante, în funcție de temperatură, respectiv a stabilității termice a acestora, se procedează la executarea de încercări funcționale accelerate.

Modul de executare a acestor încercări pentru anumite categorii de sisteme și combinații de materiale electroizolante este adoptat în cele mai multe țări producătoare de mașini și aparate electrice, urmînd ca în curînd să facă și obiectul unor recomandări ale Comisiei Electrotehnice Internaționale [8], precum și de standarde în diferite țări. Cele mai avansate lucrări privesc metoda de încercare pentru aprecierea stabilității termice a conductoarelor emailate pentru înfășurările mașinilor electrice, adică a unei combinații de materiale.

Prezentarea principiilor pe care se bazează această metodă, descrierea încercărilor pe motorete și pe motoare asincrone cu înfășurări din bobine moi, precum și indicarea unor rezultate de încercare, arată studiul în care se găsește în prezent problema încercărilor funcționale pentru determinarea duratei de viață a sistemelor de materiale electroizolante pentru tipul de motoare menționat.

Pentru mașini mai mari sau de alte tipuri pînă în prezent nu s-au stabilit metode definitive de încercare.

În țara noastră sînt pe cale de a fi inițiate, de către Institutul de cercetări electrotehnice (ICET) și de către Fabrica de cabluri și materiale electroizolante (FCME) din București, încercări funcționale asupra conductoarelor emailate pentru înfășurări. Credem că este de dorit ca încercări funcționale să se execute în cît mai mare număr atît asupra materialelor electroizolante romînești și străine cît și asupra sistemelor de izolație realizate din materiale noi, utilizînd atît motorete cît și motoare întregi. La acest ciclu de încercări ar trebui să fie antrenate, în afară de ICET și FCME, îndeosebi fabricile de mașini electrice din țară, precum și laboratoarele de materiale electrotehnice ale institutelor politehnice și ale tuturor întreprinderilor producătoare și consumatoare de materiale electroizolante, care ar dispune de utilajele necesare. Numai în modul acesta s-ar putea ajunge la o bună cunoaștere a performanțelor materialelor, ceea ce ar permite utilizarea lor în cele mai bune condiții tehnico-economice, realizînd prin aceasta creșterea calității fabricatelor electrotehnice romînești, simultan cu scăderea prețului de cost.

Bibliografie

[1] *Dakin, Th. W.* Electrical insulation deterioration treated as a chemical rate phenomenon. În : Trans. AIEE, Vol. **67**, (1948) I, pag. 113—118.

[2] *Mathes, K. N.*. Functional evaluation of insulating materials. În : Trans. AIEE, Vol. **67**, (1948) II, pag. 1236—1240.

[3] *Popescu, Ch., Raicu, V.* și *Lefter, C.* Problema duratei de viață a mașinilor electrice. — Lucrare nepublicată, prezentată la Sesiunea științifică a Inst. politehnic București, din 7—8 IV 1962 (85 pag, 100 de poziții bibliografice).

[4] *Mathes, K. N.* Principles for temperature classification of insulating materials by functional test. În : El. Eng., Vol. **73**, (1954), pag. 243—246.

[5] *Moses, Gr. L.* The reexamination of temperature standards for electrical insulation. În : Tran. AIEE, vol. **7**, (1952), pag. 681—685.

[6] *Berberich, L. J.* și *Dakin, Th. W.* Guiding principles in the thermal evaluation of electrical insulation. În : Tran. AIEE, vol. **75**, (1956) III, pag. 752—792.

[7] *Popescu, Ch., Raicu, V.* și *Lefter, C.* Legi de durată de viață a materialelor electroizolante. În : Electrotehnica, anul **10** (1962), nr. 11, pag. 419—425.

[8] *Popescu, Chr., Raicu, V.* și *Lefter C.* Standarde și recomandări privind clasificarea materialelor electroizolante și încercările funcționale pentru determinarea comparativă a stabilității termice a acestora. În : Standardizarea, 1962, (în curs de apariție).

[9] *Kalitvianski, V. I.* Obșcie zakonomernosti teplovo starenia polimernîh dielectricov. În : Elektricestvo, 1955, nr. 3, pag. 57—61.

[10] *Kalitvianski, V. I.* și *Kovalskaia, A. V.* Prodoljitelinosti slujbî novîh vidov izoliații electriceskîh mașin. În : Electricestvo, 1955, nr. 10, pag. 40—44.

[11] *Baev, V. A.* și *Orjahovski, M. L.* Clasificarea materialelor electroizolante din punctul de vedere al stabilității termice În : Standardizația, 1958, nr. 5, pag. 76—78.

[12] *Mantrov, M. I.* Sroc slujbî izoliații electriceskîh mașin priteplovom starenii. In : Electricestvo, 1959, nr. 6, pag. 68—71.

[13] *Hillebrand, F.* Funktionsprüfung von Isolierstoffen und Isolierstoff-Kombinationen In : ETZ-A, vol. **78** (1957) pag. 375—377.

[14] *Rothert, H.* Eigenschaften und Prüfungen von Silikonisolierstoffen. In : Eu M., vol. **74** (1957), pag. 326—335.

[15] *Fallou, B.* Evaluation de la stabilité thermique des fils émaillés. In : Bull. d'information du Lab. Central des Ind. El., R.G.E., iunie, 1958, nr. 2.

[16] *Andersson, A. R.* și *Tengstrand, A.* Les isolants de la class E dans les machines électriques. In : ASEA Revue, vol. 30, (1958), pag. 63—66.

[17] *Cypher* și *Harrington.* Functional evaluation of motor insulation. In : Tran. AIEE, vol. **71**, (1852) III, pag. 251—253.

[18] Test procedure for evaluation of systems of insulating materials for random-wound electric machinery. AIEE Standard, nr. 510 (nov. 1956).

[19] AIEE Committe Report. The life expectancy of class A random wound motor insulation as determined by AIEE Standard, nr. 510. In : Tran. AIFE, vol. **78** (1959) II, pag. 224—228.

[20] *Gair, T. J.* Insulation systems for random-wound motors evaluated by motorette tests. In : Tran. AIEE, vol. **73**, (1955) III B, pag. 1702—1707.

[21] *Penn, W. P.* The motorette as a tool for the development of improved insulation systems. In : Tran. AIEE vol. **73**, (1954) III B, pag. 1505—1507.

[22] *Kalitvianski, V. I.* Izolația electriceskîh mașin, Moscova, 1949, pag. 304—312.

[23] *Andrianov, K. A.* și *Kalitvianski, V. I.* Primenenie cremni niiorganisceskoi izoliații v electriceskîh mașinah. In : Electricestvo, 1955, nr. 4, pag. 62—68.

[24] *Andrianov, V. I.* Sinteticeskie polimeri v electricescoi izolații. In : Electricestvo, 1955, nr. 7, pag. 108—112.

Intrat în redacție la 28.8.1962

DISCUȚII

CZ 621.313.322.029.45 : 535.521.3

Asupra teoriei generatorului trifazat de înaltă frecvență

În revista Elektricestvo s-a publicat recent un schimb de note între prof. *M. Marinescu* și candidatul în științe tehnice *R.P. Jejerin* [1] privind teoria generatorului trifazat de înaltă frecvență de tip 3 P.G. fabricat de industria electrotehnică sovietică, și a cărui descriere tehnică a apărut anterior într-un alt articol publicat tot în revista Elektricestvo, autorii fiind *R.P. Jejerin, G. N. Krupișev* și *A. M. Martinov* [2].

Avînd în vedere interesul pe care un astfel de schimb de vederi îl poate trezi în rîndurile specialiștilor noștri, se dă mai jos un rezumat al acestor note.

Prof. M. Marinescu arată că teoria funcționării generatorului tip 3 P.G. se poate deduce ca o aplicație prin generalizare, în curent trifazat, din teoria autoexcitației complexe, elaborată de prof. M. Marinescu, pentru curent monofazat, și publicată în anul 1952 [3].

„Autoexcitația complexă" în circuite electrice se referă la rezonanța parametrică în circuite cu mai multe grade de libertate (circuite cuplate).

Pe baza lucrărilor savanților sovietici, acad. L. Mandelștam și acad. N. Papalexi, este cunoscut faptul că într-un circuit electric cu inductanța periodic variabilă și condensator, se autoexcită prin „rezonanță parametrică" un curent periodic de frcvență fundamentală, egală cu un multiplu al frecvenței de variație a inductanței, atunci cînd circuitul este acordat pe acea frecvență și cînd instalația parametrului depășește o anumită valoare critică. Prof. M. Marinescu arată în lucrarea menționată că, în cazul a două circuite (R.L.C.) cuplate prin condensator și în care variază în mod periodic numai una din inductanțe, se autoexcită doi curenți corespunzînd celor două grade de libertate a circuitelor cuplate — dacă frecvențele corespunzătoare sînt în raportul 2/3.

Autorul arată în lucrare și avantajele practice *) ale acestei noi forme de rezonanță parametrică, denumită de dînsul „autoexcitație complexă". În nota sa, prof. M. Marinescu, referindu-se la articolul din Elektricestvo [2], arată că în cazul generatorului trifazat de tip 3 P.G. fiecare din faze este sediul unei asemenea „autoexcitații complexe", astfel încît funcționarea în ansamblu poate fi privită ca rezultanta „autoexcitațiilor complexe" din fiecare din cele trei faze. Totodată, adresîndu-se autorilor articolului din Elektricestvo, prof. M. Marinescu subliniază interesul pe care l-ar prezenta, pentru completarea și aprofundarea teoriei generării parametrice, o expunere a teoriei elaborate de ei privind funcționarea generatorului pe care l-au realizat și descris în articol. S-ar putea astfel compara cele două teorii, s-ar stabili eventuale puncte de contact și s-ar analiza problema sub diferite aspecte.

În nota de răspuns, R.P. Jejerin menționează că, deși o teorie a generatorului a fost elaborată de dînsul încă din anul 1949, ea nu a fost dată încă publicității din cauza cercului restrîns de specialiști cărora această teorie se adresa la acea dată.

Între timp problema a luat o extindere mare prin realizarea generatorului 3 P.G., necesar producerii curenților industriali de înaltă frecvență, folosiți în industria ultrasunetelor, în cuptoarele de inducție etc.

În continuare, R.P. Jejerin expune succint această teorie analizînd procesul global care are loc în generatorul trifazat, fără a se referi la procesul elementar care are loc pe fiecare fază. În felul acesta se vede legătura dintre cele două teorii în aceea că, analizînd procesul autoexcitației în generatorul trifazat pe fiecare fază, se obțin condițiile „autoexcitației complexe", stabilite de prof. M. Marinescu, și invers, dacă se generalizează acest proces, prin suprapunere, pe cele trei faze se obțin condițiile de autoexcitație „trifazate", stabilite de R.P. Jejerin. Este ceea ce constată R.P. Jejerin confirmînd în încheierea notei sale că generatorul de tip 3 P.G. funcționează pe baza „autoexcitației complexe" monofazate, studiată de prof. M. Marinescu în lucrarea sa.

Observații. Cu această ocazie subliniem importanța pe care o are, pentru aprofundarea, fundamentarea și difuzarea teoriilor care se elaborează în știință în ce privește explicarea diferitelor procese care stau la baza tehnicii noi, schimbul de păreri efectuat pe calea notelor și discuțiilor între oamenii de știință, publicate în revistele de specialitate de mare circulație.

*) În cadrul Institutului de energetică, urma să se realizeze la acea dată un asemenea generator de 20 kW.

Bibliografie

[1] Elektricestvo, martie 1962, p. 87—88.

[2] *Jejerin, R. P., Krupișev, G. N., Martinov, A. M.* Parametriceskii ghenerator. In : Elektricestvo **78** (1957), nr. 5, p. 69.

[3] *Marinescu, M., Poslelnicu. P.* Autoexcitația parametrică „compusă" în circuite electrice cu mai multe grade de libertate și aplicațiile ei. În : Buletinul științific, Secțiunea de științe tehnice și chimice a Academiei R.P.R. t. **IV**, nr. 1—2, 1952.

INVENȚII

CZ 621.313.333

Mașină rotativă pentru sudarea electrică cu arc

Noul procedeu realizat de ing. *Ștefan Grosu*, de la Uzinele „Electroputere" — Craiova, se referă la perfecționări constructive aduse mașinii rotative care formează obiectul invenției R.P.R. 41437.

Din descrierea invenției principale 41437, este cunoscut modul de a înmagazina energie sub formă mecanică, în timpul pauzei de sudură, cu ajutorul unui volant montat pe axul mașinii, în vederea folosirii acestei energii la funcționarea ca generator a mașinii în perioadele de sudură, pentru a reduce vîrfurile de sarcină cerute rețelei. Această soluție prezintă dezavantajul că volantul constituie o piesă suplimentară care mărește greutatea și costul mașinii. Pe de altă parte, pentru folosirea electrozilor de grosimi diferite este nevoie de o reglare a curentului mașinii între anumite limite cu ajutorul unui reactor reglabil. Această soluție prezintă dezavantajul că necesită un organ în plus, care mărește greutatea și costul mașinii.

Potrivit noului procedeu mașina rotativă pentru sudură electrică cu arc înlătură aceste deavantaje prin aceea că folosește o construcție specială, cu rotorul exterior, statorul

interior şi întrefierul de formă tronconică avînd valoare reglabilă într-o deplasare axială.

Se descrie un exemplu de realizare a maşinii rotative conform noului procedeu.

Maşina asincronă care serveşte ca convertizor de sudură este constituită din două inele concentrice din tole magnetice purtînd bobinajele primare şi secundare. Inelul magnetic exterior, care în construcţiile normale este fix, servind ca stator, în construcţia, potrivit noului procedeu, este mobil, servind ca rotor. Inelul magnetic interior, care în construcţiile uzuale este mobil, servind ca rotor, este fix şi constituie statorul. Prin această soluţie masa rotativă şi în special momentul de giraţie al rotorului pentru aceeaşi greutate a maşinii creşte într-o mare măsură, astfel încît folosirea unui volant separat poate să nu mai fie necesară. Soluţia prezintă în schimb dezavantajul că necesită în plus un organ de susţinere care la maşinile uzuale este constituit din carcasa statorului. Pentru a se putea suda cu aceeaşi maşină cu electrozi de grosimi diferite, este nevoie de o reglare a curentului între diferite limite. Această reglare se poate face în mod uzual intercalînd în circuitul de sudură un reactor reglabil, care constituie un organ suplimentar. Potrivit noului procedeu se suprimă acest reactor, construind maşina cu întrefier tronconic coaxial cu axul maşinii şi reglînd valoarea întrefierului prin deplasarea axială a rotorului faţă de rotor. Acest procedeu de reglare se aplică atît la maşina de sudat cu rotor exterior, potrivit noului procedeu, cît şi la maşina cu rotor interior, potrivit procedeului principal publicat anterior, precum şi la orice generatoare rotative pentru sudura electrică cu arc.

Perfecţionările constructive potrivit noului procedeu prezintă avantajul că reduc greutatea şi costul construcţiei maşinii de sudură şi conduc la o mai bună utilizare a ei.

I. L.

CZ 621.314.2 : 621 : 315.62

Piesa izolantă pentru bobinaje de transformatoare

Sînt cunoscute piesele de distanţare construite sub forma de inele izolatoare cu profil cornier, de asemenea piesele de tip „distanţatori etajaţi" construite din plăci izolante de două mărimi diferite alternate între ele pentru a mări astfel lungimea drumului de conturnare.

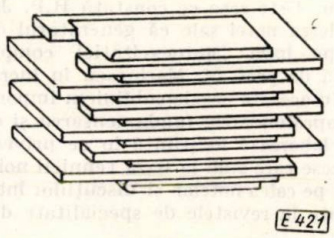


Fig. 1

Primele necesită o execuţie greoaie şi costisitoare, iar următoarele prezintă dezavantajul pericolului de conturnare de-a lungul penei de solidarizare a pachetului de plăci suprapuse.

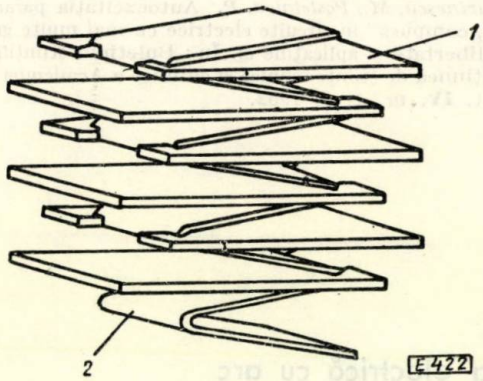


Fig. 2

Noul procedeu realizat de ing. Greceanu Alexandru de la I.I.S. „Electrotehnica" — Bucureşti constă dintr-un distanţator compus tot din plăci electroizolante suprapuse şi prevăzute cu cîte o decupare pentru o fişie de asamblare. Fişia de asamblare din carton electroizolant, în loc să fie dreaptă este însă îndoită în zig-zag, ca o armonică. Plăcile au toate aceleaşi dimensiuni şi se montează alternativ de o parte şi de alta a fişiei de asamblare, în punctele de îndoire ale fişiei.

Distanţatorii se realizează conform indicaţiilor din figuri care reprezintă : fig. 1, vedere în perspectivă a distanţatorului presat, fig. 2, vedere a distanţatorului în stare destinsă înainte de presare, fig. 3, secţiune verticală a distanţatorului şi fig. 4, vedere în plan orizontal a unei plăci.

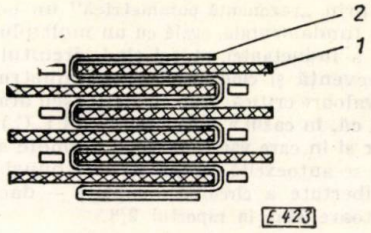


Fig. 3

Plăcile (*1*) din material electroizolant ştanţat sînt prevăzute cu o decupare în formă de coadă de rîndunică prin care trece fişia de asamblare (*2*) avînd o lăţime de 0,4—0,7 din lăţimea plăcilor.

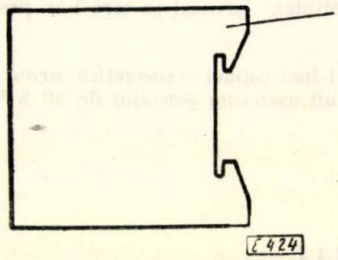


Fig. 4

Plăcile se aşază decalat, alternînd cu fişia de asamblare, astfel încît pachetul rezultat are întrînduri şi ieşinduri pe toate cele patru feţe laterale, lungimea de conturnare fiind mărită în mod uniform pe toate feţele.

Distanţatorii astfel executaţi au o lungime de conturnare mărită pe toate feţele, realizînd distanţe de conturnare mari în gabarite reduse, cerînd o tehnologie de execuţie simplă, şi folosind materiale curente.

Avantajele invenţiei constau din siguranţă de funcţionare, şi economii la preţul de cost al transformatorului atît prin micşorarea dimensiunilor acestuia, cît şi printr-o tehnologie de execuţie simplă.

M.V.

RECENZII

CZ 621.396.611.21 + 621.396.647 : 537.311.33

Gherasimov, Migulin, Iakovlev : **Calculul amplificatoarelor şi generatoarelor cu semiconductoare** (Rasciot poluprovodnikovîh usilitelei i generatorov). Kiev, Gosudarstvennoe Izdatelstvo Tehniceskoi Literaturî U.S.S.R., 1961, 432 pag.

Introducerea din ce în ce mai largă a aparatelor cu semiconductoare, în cele mai multe domenii ale economiei naţionale, prezintă o uriaşă însemnătate pentru programul tehnic şi pentru automatizarea completă a producţiei.

Lucrarea colectivului de autori sovietici este destinată tratării metodelor de calcul al diverselor circuite de amplificatoare şi generatoare, folosind diode şi triode semiconductoare. Acolo unde a fost posibil, tratarea a fost făcută prin analogii cu tratarea circuitelor similare cu tuburi electronice. Lucrarea conţine în total 12 capitole.

În primul capitol se prezintă proprietăţile fundamentale ale triodelor semiconductoare : caracteristicile statice şi parametrii tranzistoarelor precum şi circuitele echivalente.

În capitolul al doilea se expun schemele fundamentale ale diferitelor tipuri de amplificatoare cu tranzistoare : amplificatoare cu sarcină ridicată, etaje de preamplificare, amplificatoare echilibrate, amplificatoare cu reacţie, amplificatoare de putere, amplificatoare video şi amplificatoare cu circuite acordate. Capitolul următor expune în mod sistematic metodele de calcul ale amplificatoarelor cu tranzistoare audio de tensiune şi putere, ale amplificatoarelor de impulsuri şi video, precum şi ale celor de frecvenţă ridicată şi intermediară.

În capitolele 4 şi 5 se expun metodele de bază ale calculului generatoarelor cu tranzistoare cu excitaţie exterioară, pe baza parametrilor dinamici echivalenţi ai tranzistoarelor şi considerînd separat calculul pentru diferite domenii de frecvenţă.

În capitolul 6 se tratează metodele de calcul al generatoarelor cu autoexcitaţie, insistîndu-se asupra cazului frecvenţelor suficient de înalte. Capitolul următor este dedicat studiului generatoarelor de relaxare cu tranzitoare. Capitolele 8, 9 şi 10 sînt consacrate metodelor de calcul al diferitelor tipuri de generatoare speciale : multivibratoarelor de diverse tipuri, după schema de montaj respectivă trigherele şi generatoarele cu autoblocare.

În capitolul 11 se tratează calculul generatoarelor cu tensiune şi curent variabil liniar în timp, insistîndu-se asupra generatoarelor cu reacţie negativă capacitivă, precum şi asupra metodei de stabilizare termică a acestor circuite.

În ultimul capitol al lucrării se tratează problema măsurării parametrilor şi deducerea caracteristicilor tranzistoarelor. Tratarea se face distingîndu-se cazul frecvenţelor coborîte de cel al frecvenţelor ridicate.

Lucrarea conţine şi o anexă cu parametrii şi caracteristicile statice ale celor mai importante tipuri de tranzistoare sovietice.

Datorită faptului că prezintă în mod unitar şi complet metodele de calcul al circuitelor amplificatoare şi generatoare cu tranzistoare, lucrarea este de o deosebită importanţă şi utilitate pentru calculul şi proiectarea aparatelor cu tranzistoare.

Gh. R. Ianculescu

CZ 621.315.5/6(021)

Werner Tioedermann. **Materiale pentru electrotehnică**, vol. II. (Werkstoffe für die Elektrotechnik) **Materiale nemetalice**, ediţia a II-a îmbunătăţită. Berlin, VEB Verlag Technik, 1961, 267 p., format 17 × 24 cm, cartonat, DM 13,80.

Cartea „Materiale pentru electrotehnică", manual de materiale, electrotehnice pentru şcoli superioare, a apărut în două volume : vol. I — materiale metalice ; vol. II — materiale nemetalice.

Volumul II — materiale nemetalice conţine materiale izolante şi materiale plastice. Lucrarea este prezentată în opt capitole mari, împărţirea pe capitole fiind determinată de natura materialelor.

Capitolul I cuprinde o prezentare scurtă a celor mai importante combinaţii chimice, folosite la producerea materialelor electroizolante. Se dau formule şi unele proprietăţi chimice.

Capitolul al II-lea prezintă hîrtia şi proprietăţile cerute pentru utilizarea în electrotehnică.

Capitolul al III-lea care tratează despre materiale plastice (răşini sintetice, organice) este foarte dezvoltat şi prezintă în patru subcapitole : o descriere generală, un subcapitol conţinînd produse pe bază de celuloză (fibre vulcan, celuloză nitrat, triacetat de celuloză, hidroacetat de celuloză, celuloză tripropionat şi butirat benzilceluloză) ; un subcapitol privind policondensatele (fenolice, aminoplastice, poliamidice, polimetanice, poliesterice, epoxidice) ; un subcapitol privind polimerisatele (polistiren, polivinilcarbozol, polietilen, poliisobutilen, PCV, fluorurate, acrilice, poliesterice nesaturate, cauciuc natural, cauciucuri sintetice).

În capitolul al IV-lea — Lacuri izolante — se prezintă lacuri de impregnare, de emailare, pentru ţesături şi pentru acoperire.

Capitolul al V-lea — Uleiuri izolante şi de ungere — prezintă proprietăţile uleiurilor minerale şi ale produselor sintetice lichide, folosite ca înlocuitori ai uleiurilor minerale (produşi cloruraţi ai benzenului).

Capitolul al VI-lea — Mase de turnare — prezintă diverse amestecuri folosite pentru protecţie.

În capitolul al VII-lea — Siliconii — sînt prezentate caracteristicile şi produsele principale siliconice, folosite în electrotehnică.

În capitolul al VIII-lea — Materiale izolante anorganice — se prezintă materiale de mică, azbest, sticlă şi ceramică.

La sfîrşitul cărţii, autorul prezintă 31 de indicaţii bibliografice care pot fi studiate în R.D.G., pentru unele completări.

Manualul se adresează studenţilor din şcolile politehnice, nespecialişti în materiale electrotehnice.

Materialul este foarte concentrat, totuşi reuşeşte să prezinte atît proprietăţi cît şi scheme de procedee tehnologice.

Se insistă mult asupra produselor moderne, în special asupra materialelor plastice. În acest domeniu se tratează foarte dezvoltat despre produsele epoxidice, PCV, polietilene, cauciucuri. De asemenea, un capitol special este destinat produselor siliconice, care sînt folosite din ce în ce mai mult în ultimul timp. În general, sînt cuprinse toate materialele moderne.

La descrierea materialelor, pentru urmărirea mai uşoară a lor, se prezintă norme şi tabele cu caracteristici. Pentru produsele fabricate în R.D. Germană se dau caracteristici şi comparaţii cu produse din alte ţări.

Maria Nicolae

SCURTE ŞTIRI

Pe rîul Pas care constituie frontiera dintre U.R.S.S. şi Norvegia se construieşte U.H.E. „Borisoglebskaia" cu o putere de 56 000 kW de către firma norvegiană „Norelectro". Se vor instala două turbine de cîte 28 000 kW şi generatoarele de construcţie indigenă. Construcţia uzinei a început în luna mai 1961, iar darea în funcţiune este prevăzută în toamna anului viitor.

Din „Pravda" No. 199/18.07.962

În ziua de 29 iulie 1962 poporul ucrainean, împreună cu întregul popor sovietic, a sărbătorit un eveniment memorabil — darea în funcţiune a U.H.E. din Kremenciug — considerată ca mărime al doilea gigant energetic din cascadele de pe Nipru.

În compunerea nodului hidraulic din Kremenciug intră un baraj de pămînt de 13,3 km, lungime şi 25 m înălţime, un baraj deversor de 276 m, clădirea uzinei electrice cu 12 agregate avînd puterea totală de 625 MW.

Pentru prima dată în Uniunea Sovietică, clădirea unei uzini hidroelectrice, aşa de mari, s-a construit fără sala de maşini. Deasupra fiecărui generator s-a prevăzut un capac de protecţie demontabil.

Puterea cascadei întregii uzini hidroelectrice de pe Nipru va atinge 3,5 milioane de kW, producînd în medie anual 10—11 miliarde kWh.

Din „Pravda" No. 210/29.07.962

Pe Volhov, lîngă Kirîşi, nu departe de renumita uzină hidroelectrică „V. I. Lenin", au apărut din nou constructorii energetici. Aici s-a început construcţia unei uzini termoelectrice. Puterea iniţială a ei s-a determinat la 1 350 MW, ceea ce este egal cu peste 20 de uzine hidroelectrice ca aceea din Volhov.

Din „Pravda" No. 214/02.08.962

S-a început construcţia celei de-a patra secţie — ultima din uzina electrică „Pribaltiiscaia". De fapt aceasta este o nouă uzină electrică de o putere de 800 MW. Ea va avea clădire principală proprie, canal de aducţiune, gospodărirea combustibilului, instalaţiile ajutătoare de producţie. Carcasa corpului principal al clădirii se montează din beton armat asamblat.

Ultima secţie a U.R.E.S. se caracterizează prin utilaj mai puternic şi mai modern.

Aici se vor monta patru grupuri compuse din turbogeneratoare de cîte 200 MW şi din două cazane pentru arderea şistului cu productivitatea de cîte 320 t abur pe oră.

Din „Pravda" No. 223/11.08.962

Uzina „Electroapparat" din Leningrad a expediat la Uzina „Padunskie" trei transformatoare pentru tensiunea de 220 kV. Uzina „Electrosila" a terminat confecţionarea celui de-al optulea hidrogenerator avînd o putere de 225 MW patru U.H.E. din Bratsk.

Din „Izvestia" No 182/03.08.962

La 10 iulie 1962 electromontatorii sovietici şi unguri au realizat legătura pe linia de interconexiune care livrează energia electrică din U.R.S.S. spre R.P. Ungară. La substaţia „Striiskaia" de pe linia de transport de energie electrică U.R.E.S. (Uzina Raională Electrica de Stat) „Dobrotvorskaia-Ungaria" s-au pus sub tensiune transformatoarele şi instalaţiile de distribuţie pentru tensiunea de 220 kV.

Din „Izvestia" No. 162/11.07.962

Este măreaţă panorama U.H.E. din Bratsk de pe malul stîng al Angarei. Gigantul de pe Angara se construieşte în ritm rapid. La uzină s-au montat şi s-au dat în funcţiune şase hidroagregate, cele mai mari din lume, iar pînă la sfîrşitul anului numărul lor va spori la zece.

Recent, s-a creat un sector special pentru construcţia liniei de transport de energie electrică sub 220 kV Bratsk — U.H.E. — Usti-Ilimskaia. Traseul nou de înaltă tensiune se va întinde peste taigaua virgină pe o distanţă de 260 km, pînă în locul unde se va construi a treia uzină hidroelectrică pe cascada de pe Angara.

Din „Pravda" No. 239/24.08.962

Constructorii de maşini ai uzinei metalurgice „Congresul al XXII-lea al P.C.U.S." din Leningrad au terminat construcţia celei de-a doua turbine pentru U.H.E. „Belomorskaia", cu şase zile înainte de termen.

Pe şantierul de construcţie a U.H.E. „Belomorskaia", care este a patra uzină de pe cascada de uzini electrice de pe rîul Vig se montează piesele de fixare pentru al treilea agregat.

Din „Pravda" No. 240/28.08.962

La uzinele constructoare de transformatoare şi aparate Röntgen din Dresda (R.D.G.) se construiesc trei transformatoare unice de încercări cu tensiuni de cîte 750 kV la 50 Hz, care împreună vor forma o instalaţie de încercări pentru 2,25 MV. Întreaga cascadă va fi de 14 m înălţime sferele eclatorului cu diametrul de 3 m vor fi montate pe o construcţie înaltă de 35 m. Instalaţia va servi la încercarea dielectrică a izolaţiei echipamentului electric.

Din „Elektrotechnik" No. 4/1962 (pag. 124)

În S.U.A., la Big Sulphur Creek Canyon în California, s-a dat în exploatare pentru prima dată o uzină electrică geotermică. Uzina este acţionată de abur supraîncălzit care ţîşneşte din pămînt.

În uzină se află deocamdată în funcţiune un agregat de o putere de 12 500 kW cu comandă automată de la distanţă. Energia electrică produsă de această uzină este considerabil mai ieftină faţă de cea de la alte uzini termoelectrice (se scad cheltuielile de combustibil, construcţia şi exploatarea cazanelor, fiind (redus şi personalul de deservire).

Din „Elektrotehnik" No. 4/1962 (pag. 124)

O întreprindere mare britanică a înregistrat un brevet pentru răcirea generatoarelor electrice cu ajutorul aburului. Prin arborele tubular este adus spre rotor un lichid care ajunge prin picăturile subţiri pînă la crestăturile de pe suprafaţa rotorului. Prin acţionarea forţei centrifuge de pe vîrful crestăturilor el este pulverizat sub formă de ceaţă măruntă. Evaporîndu-se ceaţa absorbe căldura din mediul ambiant. Aburul este îndepărtat de pe întrefierul aerian al generatorului în condensator unde se transformă din nou în lichid.

Din „Elektrotechnik" No. 5/962

Un transformator cu înfăşurări din aluminiu de o putere de 20 MVA s-a dat în exploatare în S.U.A. este vorba de o unitate cu bobinaj în stea-triunghi, cu tensiunile 15/13,8/6,9/kV. Exceptînd circuitul magnetic, cablurile şi izolaţia, întregul transformator este executat din aluminiu (adică ambele înfăşurări, radiatoarele de răcire).

Înfăşurarea primară este executată din foiţe de aluminiu, înfăşurarea secundară din fir de aluminiu. Transformatorul are performanţe pe deplin satisfăcătoare, trecerea mai bună a căldurii, rezistă mai bine la coroziune şi este considerabil mai economic în fabricaţie şi în întreţinere. Conform afirmaţiilor specialiştilor se poate sconta o mare dezvoltare în utilizarea transformatoarelor complete de aluminiu în viitorul apropiat.

Din „Elektrotehnik" No. 5/962

La uzina „Kirov" din Harkov s-a început construirea celei de-a treia turbine-gigant cu abur, de o putere de 300 MW.

Împreună cu generatorul, turbina-uriaş va fi în stare să producă anual două miliarde de kilowaţi de energie electrică.

Din „Pravda No. 262/19.IX/962

CRONICĂ

A VII-a sesiune de comunicări ştiinţifice a cadrelor didactice de la Institutul Politehnic din Bucureşti

La Institutul Politehnic Bucureşti a vut loc cea de-a VII-a sesiune de comunicări a cadrelor didactice.

În cadrul celor 14 secţii de specialitate au fost prezentate şi discutate un număr de 201 lucrări. În secţia a VI-a „Electrotehnica şi Măsuri Electrice" şi secţia VII-a „Maşini şi Aparate Electrice" s-au comunicat un număr de 31 lucrări (în prima secţie nouă lucrări, iar în cea de-a doua 16 lucrări).

În secţia „Electrotehnica şi Măsuri Electrice" s-au prezentat următoarele lucrări :

1. Prof. dr. *Remus Răduleţ*, membru corespondent al Acad. R.P.R. şi asist. Alfons Ifrim „Motorul asincron difazat cu lame rotorice neferomagnetice şi cîmp magnetic învîrtitor eliptic".

În lucrare se stabileşte o expresie a cuplului motorului cu rotorul format din lame — care ocupă generatoarele rotorului şi sînt unite la una din extremităţi, prin lame frontale în ipoteza existenţei în întrefierul maşinii a unui cîmp magnetic învîrtitor de excitaţie de tip eliptic. Expresia obţinută pentru cuplu este transpusă şi pentru motoarele polifazate care au un cîmp magnetic învîrtitor de tip circular.

2. Prof. *Alexandru Popescu* şi şef lucrări *Paul Manolescu* „Încercări experimentale privind măsurarea pierderilor magnetice în tole cu aparatul Epstein de 25 cm".

Se descrie un aparat Epstein de 25 cm construit cu mijloace proprii. Se indică rezultatele unei serii de măsurători comparative privind pierderile magnetice în tole de diferite calităţi efectuate cu aparatele Epstein de 25 cm şi de 50 de cm. Folosind la măsurarea pierderilor magnetice un aparat Epstein de 25 cm, cantitatea tolelor de încercat se reduc de la 10 kg la 1 kg iar erorile de măsură sînt de 6—8%.

3. Asist. *Constantin Nemoianu* „Prize de suprafaţă cu simetrie axială, în regim armonic permanent".

Se prezintă un studiu referitor la comportarea prizelor de pămînt de suprafaţă cu simetrie axială în regim armonic permanent şi cvasistaţionar aşezate într-un sol de rezistivitate dată.

4. Şef laborator *Aurel Millea* „O demonstraţie directă a expresiei puterii transferate pe o linie electrică polifazată".

5. Şef laborator *Aurel Millea*, „O metodă generală pentru calculul rezistenţei în curent alternativ a conductoarelor de secţiune oarecare".

Se deduce o formulă generală a rezistenţei în curent alternat v pentru conductoare de secţiune arbitrară sub forma unei serii de puteri a cărei coeficienţi se obţin prin cvadraturi succesive şi depind numai de forma secţiunii.

6. Conf. *Alexandru Timotin* candidat în ştiinţe tehnice „Probleme de cîmp magnetic staţionar în corpuri de permeabilitate foarte mare". Se analizează problema determinării cîmpului magnetic staţionar în interiorul corpurilor feromagnetice de permeabilitate foarte mare (problema interioară) cu scopul de a stabili criterii univoce pentru condiţiile la limită necesare determinării cîmpului magnetic în exteriorul acestor corpuri (problema exterioară) în aproximaţia permeabilităţii infinite.

7. Asistent *Alfons Ifrim* „O nouă expresie a forţei de frînare din frîna de inducţie (electromagnetică) cu disc neferomagnetic.

8. Şef laborator *Aurel Millea* „Rezolvarea problemelor de efect pelicular cu ajutorul unui model de curent continuu".

9. Şef laborator *Aurel Millea* „Măsurarea vectorului lui Poynting la suprafaţa conductoarelor masive".

10. Ing. *Victor Bunea* de la Intreprinderea de maşini electrice Bucureşti şi conf. *Andrei Ţugulea* candidat în ştiinţe tehnice „Un nou tip de crestătură de alternator în medie frecventă determinat pe baza modelelor electrocinetice".

Se arată dezavantajele tipurilor de crestături folosite în prezent şi se indică căile de îmbunătăţire a construcţiilor existente. Rezultatele teoretice se verifică experimental pe un model electrocinetic din tablă decapată şi se propune un nou tip de crescătură care a fost utilizat la proiectarea noii serii de generatoare de 8 000 Hz care se vor construi în ţară

11. Conf. *Marius Preda* „O metodă matricială de calcul a reţelelor trifazate cu nesimetrii multiple". Stabilind două noi forme duale ale teoremei variaţiei se ajunge la o metodă matricială de calcul a reţelelor trifazate cu nesimetrii multiple care constituie o generalizare operaţională a teoremei lui K. M. Polivanov şi are o largă aplicaţie la studiul reţelelor nesimetrice.

12. Conf. *Marius Preda* „O generalizare a teoremelor Thévenin şi Norton". Pe baza teoremei compensaţiei şi a teoremei superpoziţiei se demonstrează o teoremă mai generală decît teoremele lui Thévenin şi Norton.

13. Prof. *Alexandru Popescu* „Asupra modului de calcul al condiţiilor teoretice privind sensibilitatea maximă a punţilor de curent continuu şi al aplicării practice a acestor condiţii".

Se arată calea obţinerii unei expresii simple pentru calculul sensibilităţii maxime a unei punţi Wheaststone.

14. Prof. *Alexandru Popescu* „Asupra metodei Dr. Schönbacher de analiză armonică a funcţiilor periodice empirice cu ajutorul metodei discontinuităţii. Noi formule de verificare a analizei armonice prin metoda Thompson-Runge".

Se face o critică documentată a metodei de analiză armonică prezentată în 1960 în E.T.Z. de Dr. Schönbacher şi se scot în evidenţă noi formule de verificare a analizei armonice prin metoda Thompson-Runge.

15. Asist. *Radu Tomoioagă* „Fenomene deformante în electromagneţi de curent alternativ".

În secţia „Maşini şi Aparate Electrice" s-au prezentat lucrările :

1. Acad. prof. *Ion S. Gheorghiu*, conf. *Constantin Apetrei*, candidat în ştiinţe tehnice ; şef lucrări *Constantin Bălă*, candidat în ştiinţe tehnice, conferenţiar *Constantin Lazu*, şef lucrări *Nicolae Ştefănescu* şi asistent *Ion Bahrin* „Calculul şi determinarea experimentală a forţelor axiale la transformatoarele de putere". Se analizează problema calculului şi determinării experimentale a forţelor axiale la cîteva din construcţiile de transformatoare de mare putere din producţia curentă a fabricii Electroputere Craiova. Se prezintă o nouă metodă experimentală pentru măsurarea directă a forţelor axiale la construcţiile luate în consideraţie — în cazul funcţionării transformatoarelor în regim staţionar sau tranzitoriu.

2. Conf. *Constantin Apetrei*, candidat în ştiinţe tehnice şi asistent *Ana Sofia Diculescu* „Caracteristicile tehnico-economice ale turbogeneratoarelor construite în R.P.R." Se prezintă o metodă de calcul al turbogeneratoarelor în stadiu de proiectare sau de execuţie în R.P.R. luîndu-se în consideraţie caracteristicile funcţionale, siguranţa în exploatare şi economicitatea maşinilor.

3. Asistent *Nicolae Galan* „Cuplurile asincrone la motoarele sincrone reactive cu poli masivi".

4. Conf. *Marcel Sand*, candidat în ştiinţe tehnice, conf. *Dumitru Niculescu*, asistent *Liviu Constantinescu* şi ing. *Victor Bunea* de la Intreprinderea de maşini electrice Bucureşti „Construcţia şi poriectarea generatoarelor sincrone de frecvenţă medie". Se expun metodele de proiectare şi rezultatele de calcul obţinute prin diferite metode. Prin compararea rezultatelor de calcul cu cele experimentale se indică metoda adecvată de proiectare.

5. Conf. *Dumitru Niculescu* „O contribuţie la teoria unitară a maşinilor electrice". Introducîndu-se matricele cvadripolilor fundamentali impedanţa serie, derivaţie — transformatoare ideale, colector etc. se stabileşte pe baza algebrei matriciale circuitele echivalente pentru diferite tipuri de maşini electrice.

6. Prof. *Carol Steinberg* „Studii în legătură cu vibraţia şi solicitările mecanice în articulaţiile contactoarelor".

Sînt analizate unele cauze de uzură ale părţilor componente a contactoarelor şi se stabilesc solicitările cu ajutorul ecua-

ţiei oscilaţiilor, a legii conservării impulsurilor şi a teoremei centrului de greutate. Se dau soluţiile constructoare pentru reducerea vibraţiilor.

7. Conf. *Cristina Popescu*, şef lucrări *Virgil Raicu* şi asistent *Cecilia Lefter* „Problema duratei de viaţă a maşinilor electrice".

Se indică modul de executare al încercărilor funcţionale accelerate de materiale electroizolante şi de maşini electrice şi rezultatele obţinute de diverşi cercetători. Se descriu apoi experienţele făcute în Laboratorul de Materiale Electrotehnice al Institutului Politehnic Bucureşti şi se arată importanţa pe care o prezentau asemenea încercări pentru uzinele de maşini electrice din ţară.

8. Şef lucrări *Dumitru Lăzăroiu* „Magneţi permanenţi din ferite pentru maşini electrice mici". Se analizează problema folosirii feritelor în construcţia : magneţilor permanenţi, maşinilor electrice mici şi se stabilesc concluzii privind perspectivele utilizării feritelor în construcţia diferitelor utilaje electrotehnice din ţara noastră.

9. Asistent *Alexandru Fetiţa* „Înfăşurarea într-un strat cu capete de bobine dispuse în două coroane". Se descrie un nou tip de înfăşurare privind dispunerea capetelor de bobină în două coroane simple sub forma de grătar suprapuse decalat.

10. Şef lucrări *Constantin Bălă*, candidat în ştiinţe tehnice, cercetător princ. *M. Bărgăuanu* de la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R. şi asistent *Nicolae Vernescu* „O metodă experimentală pentru determinarea caracteristicilor mecanice ale motoarelor electrice". Se propune o metodă oscilografică originală pentru ridicarea caracteristicilor mecanice a motoarelor electrice la pornirea în gol.

11. Conferenţiar *Alexandru Fransua*, candidat în ştiinţe tehnice şi ing. *Sanda Florescu* de la Intreprinderea „Electroaparataj" Bucureşti „Contribuţii la proiectarea optimă a servomotorului bifazat cu rotor în formă de pahar". Se studiază influenţa numărului de perechi de poli asupra dimensiunilor şi performanţelor dinamice a maşinilor îngrădite de funcţionarea lor într-un sistem de reglaj automat.

12. Prof. dr. *Remus Răduleţ*, membru corespondent al Academiei R.P.R. şi asistent *Alfons Ifrim* „Asupra calculului cuplului motorului asincron difazat cu rotorul neferomagnetic în formă de pahar şi cîmp magnetic învîrtitor eliptic".

13. Conf. *Marcel Sand*, candidat în ştiinţe tehnice „Calculul caracteristicilor de magnetizare şi de mers în gol al maşinilor electrice amplificatoare cu cîmp longitudinal în două şi trei etaje de amplificare".

14. Conf. *Marcel Sand*, candidat în ştiinţe tehnice „Ecuaţia caracteristică de viteză (intrare-ieşire) a tahogeneratorului asincron bifazat cu rotorul neferomagnetic în formă de pahar".

15. Asist. *Florin Manea* „Regimuri tranzitorii succesive ale maşinilor sincrone ca element al sistemului electroenergetic".

16. Asist. *Liviu Constantinescu* şi ing. *Alexandru Gliga* de la Uzinele „Electromagnetica" „În legătură cu automatizarea alimentării cu energie electrică de tensiune variabilă continuă şi alternativă a platformelor unui laborator de maşini electrice". Se prezintă două scheme de automatizare a alimentării cu energie elctrică a laboratoarelor de diverse tipuri de maşini electrice din noul local al Institutului Politehnic Bucureşti cu posibilitatea extinderii şi la alte laboratoare care vor necesita tensiune alternativă continuă variabilă. Din lucrările prezentate 11 au fost premiate şi menţionate. Referatele au fost urmate de discuţii în care s-a analizat fondul lucrării, legătura lor cu practica, aspectele originale, precum şi utilitatea lor imediată sau viitoare privind aplicarea în proiectarea, executarea şi exploatarea instalaţiilor electrotehnice din ţara noastră.

Ing. A. CARABULEA

REFERATE

CZ 621.3 *Electrotehnică generală*

CZ 621.3.014.31.016.332 : 537.523.5

Bergold, K. **Stabilizarea dinamică a arcului electric la curenţi mici.** In : ETZ-A, **82**, 1961, nr. 6, p. 161—167, 14 fig., 4 formule, 11 ref. bibl.

Stabilizarea dinamică a arcului electric este determinată de inerţia sa termică; ca mărime caracteristică, autorul stabileşte constanta de timp termică. Valoarea acestei, constante depinde de lungimea arcului şi de intensitatea curentului. În articol se prezintă schemele de control şi încercare, caracteristicile de tensiuni de curent şi de timp, teoretice, dependenţa constantelor de timp de valoarea curentului şi lungimea intervalului de arc.

Se prezintă, de asemenea, oscilogramele şi rezultatele obţinute în urma încercărilor efectuate. Autorul stabileşte că, pentru un curent de 10 A şi o lungime de 100 mm, constanta de timp este de aproximativ 0,7 m/s ; de asemenea, se arată că felul materialului electrozilor nu are influenţă asupra valorii constantei de timp.

B.B.

CZ 621.3.066.6 : 546.92

Angus, H. C. **Pelicule superficiale pe contacte din metale preţioase** (Surface films on precions-metal contacts). In : Brit. J. Appl. Phys., **13**, nr. 2, febr. 1962 p. 58—63, 5 fig., 3 tab., 6 ref. bibl.

S-a studiat comportarea peliculelor subţiri pe suprafeţe metalice de platină, măsurînd rezistenţa de contact la încărcări între 1 şi 5 000 mg. Rezultatele obţinute pentru pelicule de ordinul de mărime a 5 Å sînt reproductibile. Proprietăţile suprafeţei sînt mai sensibile la modul de preparare şi la tratarea care urmează decît la natura metalului. Abraziunea duce la o deteriorare progresivă la sarcini mici, suprafeţele produse prin prelucrarea pastilelor sinterizate prin prelucrare la rece şi prin electropunere rămîn stabile în intervale mari de timp.

A.S.

CZ 621.313 *Maşini electrice*

CZ 534.837.08 : 621.313

Lübcke, E. **Evoluţia tehnicii măsurării zgomotului maşinilor electrice, în vederea combaterii lui** (Entwicklung der Gerauschtechnik zur Lärmbekämpfung an elektrischen Maschinen). In : Elektrotechn. Z. — A, **82**, nr. 24 nov. 1961, 9 fig., 36 ref.

În construcţia maşinilor electrice, trecerea de la construcţia grea, turnată, la construcţia sudată, mai uşoară, a pus în evidenţă problema zgomotului. Pe lîngă aceasta, maşinile de putere mai mare necesită, la dimensiuni şi greutăţi aproape egale, o ventilaţie mai puternică, iar forţele dintre stator şi ventilator se măresc. Printr-un calcul teoretic al armonicelor din maşini se caută determinarea măsurii pentru suprimarea cauzelor sunetelor de crestătură. Clasificarea tuturor cauzelor zgomotelor şi explicarea posibilităţilor de suprimare nu se poate face decît prin măsurători acustice obiective. În articol se face o trecere în revistă a evoluţiei aparatelor de măsură electroacustice. Sonometrele dau nivelul global, iar prin măsurarea cîmpului acustic se obţine intensitatea zgomotului maşinii. Diferiţii analizori arată repartizarea energiei acustice în gama de frecvenţă percepută de ureche. Din spectrul acustic pot fi deduse cauzele diferitelor componente ale zgomotului. Măsurări ale sunetului structural arată diferitele forme posibile ale oscilaţiilor proprii, îndeosebi ale statoarelor. Ele explică inaplicabilitatea regulilor numărului de crestături atunci cînd se modifică dimensiunile. În cazuri

dificile din punct de vedere acustic, de exemplu în centrale şi în agregate de maşini cu construcţie compactă, localizarea celei mai supărătoare surse de zgomot se poate face prin compararea spectrului sunetului aerian cu spectrele sunetului structural ale diferitelor maşini, putîndu-se lua astfel măsuri eficiente pentru combaterea zgomotului.

A. S.

CZ 621.313 : 534.837.08

Willms W. **Măsurări acustice pentru explicarea zgomotelor maşinilor** (Schallmessungen zur Beurteilung des Geräusches von Maschinen). În : Elektrotechn. Z.—A, **82**, nr. 24, nov. 1961, p. 767—770, 7 fig., 8 ref. bibl.

În cursul măsurării acustice a zgomotului se măsoară de fapt presiunea acustică. Măsurînd prin filtre electrice de corecţie (A, B, C), se ţine seamă de faptul fiziologic că infrasunetele şi ultrasunetele nu sînt percepute de ureche ca fenomene acustice. Se recomandă să se măsoare în cîmp acustic liber (realizat în camere anecoide) pentru a se evita reflexiile. Dacă nu se poate, trebuie să se măsoare în spaţii reverberante, microfonul fiind la o anumită distanţă critică faţă de sursa de zgomot. Distanţa mai mică decît cea critică găseşte microfonul în cîmpul apropiat. Se dă un exemplu de zgomot măsurat plimbînd microfonul pe un contur la 1 m distanţă de agregat, şi se analizează rezultatul. Nivelurile acustice spectrale sînt supuse unor variaţii acustice cu atît mai mult cu cît banda spectrală este mai îngustă, şi cu cît zgomotul este mai pur. Toate nivelurile acustice prezintă o variaţie în timp, în general, cu atît mai mare cu cît banda este mai îngustă şi cu cît frecvenţa centrală a filtrului este mai joasă. Se recomandă ca înregistratorul să fie reglat pe o constantă de timp mare, pentru a elimina aceste variaţii. Este mult mai bună înregistrarea continuă a curbelor de nivel decît ridicarea punct cu punct, căci se poate forma uşor media şi pot fi recunoscute variaţiile. Din practică, se va vedea dacă aceste prescripţii pot fi utilizate pentru recepţionarea maşinilor.

A.S.

CZ 621.313.322-81

Titov V. V. **Turbogeneratoare cu putere unitară mare.** În : Elektricestvo, **81**, nr. 8, aug. 1961, p. 1—4, 4 fig., 1 tab.

Se prezintă caracteristica generală a lucrărilor efectuate de uzina „Elektrosila" în domeniul creării unor noi tipuri de generatoare de mare putere, şi se analizează trăsăturile caracteristice cele mai importante ale construcţiei generatorului de 300 MW, precum şi a turbogeneratorului de 500 MW care urmează a fi construit.

În baza machetei experimentate a unui rotor de 30 MW cu răcire directă cu hidrogen, după 2 ani, în anul 1958, s-a fabricat statorul răcit cu apă, destinat turbogeneratorului experimental de 300 MW, care a stat la baza calculelor noii serii unitare de turbogeneratoare cu scara de puteri 60, 100, 150, 200 şi 300 MW. În anul 1960, în urma rezultatelor obţinute pe machete, s-a terminat fabricarea turbogeneratorului cap de serie de 300 MW al cărui rotor este răcit cu hidrogen, iar statorul, cu apă.

Se compară noul tip cu construcţiile vechii serii unitare din anul 1952, scoţîndu-se în evidenţă unele particularităţi constructive în ce priveşte sistemul de răcire şi mai ales realizarea bobinajului statorului şi rotorului, care a dus la o solicitare dublă a materialelor active.

Realizarea turbogeneratoarelor de 500 MW ridică o serie de probleme importante în domeniul obţinerii materialelor de rezistenţă, a celor active, precum şi a celor izolante cu caracteristici superioare, corespunzătoare tendinţelor de creştere a puterii unitare.

B.I.N.

CZ 621.313.333—81 : 621.67 : 665.5

Kiessling, E. **Turbomotor alternativ pentru acţionarea pompelor la produsele petroliere** (Drehstrom-Turbomotor zum Antrieb von Erdlöpumpen). In : Elektrie, mart. 1962, p. 128, 1 fig.

Acest nou turbomotor a fost proiectat şi construit în R. D. Germană pentru a acţiona pompele centrale care vor deservi marea conductă a prieteniei, prin care U.R.S.S. va livra produse petroliere către R.P. Polonă, R.P. Ungară, R. D. Germană şi R.S. Cehoslovacă. Datele de construcţie a acestor turbomotoare nu sînt conform datelor standardizate şi au caracteristici proprii. Puterea unui astfel de turbomotor este de 1 600 kW la 5 000 V, cu circa 184 A, pentru o turaţie de 2 980 rot/min. Turbomotorul poate acţiona pompe cu debite variabile de 1 100, 1 600 şi 2 200 m^3/h, la presiuni diferite. Turbomotorul este complet capsulat şi antiexploziv, deoarece funcţionează în mediu de gaze inflamabile. În articol se dau şi celelalte date şi caracteristicile acestor interesante turbomotoare.

W.T.

CZ 621.313.363.041

Ermolin N. P. **Problemele actuale din domeniul construcţiei maşinilor electrice rotative de mică putere.** În : Electricestvo, **81**, nr. 8, 1961, p. 4—7.

N. P. Ermolin, autorul a numeroase lucrări din domeniul micromaşinilor, printre care şi lucrarea : „Calculul maşinilor mici cu colector" — Gosenergoizdat — 1955, prezintă sub o formă generală problemele care se pun fabricilor constructoare de maşini electrice mici odată cu dezvoltarea industriei, transportului, agriculturii şi a noilor ramuri ale tehnicii.

Din numărul problemelor generale dezbătute privind perfecţionarea continuă a maşinilor mici, se pot enumera :

a) elaborarea noilor tipuri şi îmbunătăţirea execuţiei constructive a diferitelor tipuri existente de motoare de curent continuu şi alternativ ;

b) micşorarea gabaritelor şi greutăţii motoarelor de toate tipurile, cu asigurarea caracteristicilor necesare de pornire şi funcţionare, precum şi a regimului termic admisibil ;

c) micşorarea inerţiei mecanice a motoarelor comandate, de execuţie, pentru sisteme de urmărire şi instalaţii de inversare ;

d) utilizarea noilor materiale şi aliaje magnetice, a noilor conductoare de bobinaj, materiale izolante rezistente la încălzire, a lacurilor de acoperire şi a lubrifianţilor pentru lagăre ;

e) perfecţionarea tehnologiei de fabricaţie şi automatizarea lucrărilor de matriţare, de bobinare, de asamblare, şi a altor lucrări care necesită un volum mare de lucru ;

f) revizuirea standardelor în vigoare şi elaborarea altora noi.

Pe lîngă problemele generale, menţionate mai sus, mai sînt ridicate o serie de probleme cu caracter particular, în legătură cu diferitele tipuri de maşini de mică putere, cu destinaţie specială. Dintre aceste probleme, cele mai actuale sînt :

a) îmbunătăţirea comutaţiei maşinilor mici cu colector în regimurile cu o frecvenţă mare de reversoare, ce poate ajunge la 10 Hz ;

b) sporirea preciziei de funcţionare şi îmbunătăţirea parametrilor de ieşire ai transformatoarelor rotative, selsinurilor şi generatoarelor tahometrice ;

c) precizarea metodologiilor pentru calculul maşinilor de mică putere cu magneţi permanenţi, al motoarelor cu histerezis şi al motoarelor reactive de diferite tipuri ;

d) crearea subansamblurilor de lagăre care să admită funcţionarea îndelungată fără adăugarea lubrifiantului ;

e) reducerea zgomotului la unele tipuri de motoare electrice de mică putere, cu destinaţie specială ;

f) probleme privitoare la perfecţionarea motoarelor electrice pentru nevoi casnice.

Rezolvarea fiecăreia din aceste probleme prezintă o mare însemnătate pentru îmbunătăţirea continuă a calităţii maşinilor electrice de mică putere, cu destinaţie specială.

B. N.

CZ 621.314.2 *Transformatoare*

CZ. 621.314.223.072.2

Kraiz, A. G. **Problemele reglării tensiunii în autotransformatoare.** In : Elektricestvo, nr. 7, 1961, p. 41—47, 6 fig., 9 ref. bibl.

Introducerea în reţea a autotransformatoarelor de mare putere şi înaltă tensiune a ridicat unele probleme ce se referă la exploatarea şi proiectarea instalaţiilor electrice ca protecţie exterioară a înfăşurărilor, iar altele legate de proiectarea autotransformatorului, supratensiunea în înfăşurări, cone-

xiunea înfășurărilor, pierderile suplimentare, funcționarea autotransformatorului în regim de scurtcircuit, reglarea tensiunii sub sarcină în limite largi etc. Un aspect al ultimei probleme se referă la condițiile din rețelele cu autotransformatoare cu diferite scheme de reglaj, iar celălalt aspect, la alegerea sistemului de reglaj, schema de conexiuni a înfășurărilor, execuția bobinelor, consumul de material pentru diferitele scheme de reglaj și supraexcitarea autotransformatoarelor.

Se dă o metodă de comparare a diferitelor scheme de reglaj pe baza puterii de tip; de asemenea, o metodă exactă de calcul al limitelor necesare de reglaj ținîndu-se seamă de supra sau subexcitarea autotransformatorului. Drept criteriu pentru clasificarea schemelor de reglaj s-a considerat locul de introducere a forței electromotoare suplimentare. După acest criteriu rezultă trei sisteme de reglaj: pe partea de înaltă tensiune (*IT*), medie tensiune (*MT*), și pe neutru, indiferent dacă există sau nu un transformator suplimentar în aceeași cuvă sau în cuvă separată. La reglajul pe partea de *IT* și *MT* variază numai tensiunile U_1 și U_2, pe cînd la reglajul pe neutru variază simultan U_1 și U_2. Reglajul se face pe partea de tensiune care variază în limitele cele mai mari în funcționarea autotransformatorului. În continuare, se arată avantajele și dezavantajele fiecărui mod de reglaj.

Pentru calculul consumului de materiale se face compararea autotransformatorului dat cu unul analog, fără reglaj. Puterea de tip a autotransformatornlui este dată de semisuma puterilor înfășurărilor. Puterea fiecărei înfășurări se determină ca produsul dintre U_{max} și I_{max}, indiferent dacă tensiunea și curentul vor avea valoarea maximă simultan. Autotransformatorul cu care se compară va fi fără reglaj, sub sarcină, cu o anumită putere de trecere pentru înfășurările *IT* și *MT*, înfășurarea de *IT* avînd o putere egală cu puterea de tip a autotransformatorului. Puterea de tip a unui asemenea autotransformator este: $S_{tn} = \frac{3}{2} k_b S_{tr}$, în care: $k_b = 1 - \frac{1}{k_{12}}$; k_{12} fiind un raport de transformare pentru tensiunile nominale. În cazul cînd există reglaj sub sarcină $+ \Delta_1 U_n$ și $- \Delta_2 U_n$, atunci puterea de tip a autotransformatorului va crește. În continuare, se dau relații care arată cu cît crește puterea de tip pentru diferite scheme de reglaj, considerîndu-se că toate înfășurările au aceeași secțiune, și că puterea de trecere rămîne neschimbată. Se dau diagrame care arată cum crește puterea de tip și deci și consumul de material în funcție de coeficientul de transformare, și se stabilesc pe diagramă domeniile economice de aplicare a fiecărei scheme și sistem de reglaj sub sarcină. Pentru autotransformatoarele cu reglajul pe nul se calculează limitele admisibile de supra sau subexcitație cu formula:

$$U_2\,\% = \frac{100 \pm e \text{ regl. } \%\, k_{12}}{100 \pm e \text{ regl. } \%}\, U_1\,\%,$$

în care: *e* regl. % este treapta dată de reglaj în procente din tensiunea nominală pe partea de *IT*.

Gh. N.

CZ 621.314.57 : 537.311.33

D o u r i a u, M. **Convertizoare cu tranzistoare** (La pratique des convertisseurs à transistors). In: Automation, febr. 1962, p. 35—40, 5 fig.

Convertizoarele cu tranzistoare sînt intrate de puțin timp în practica electrotehnică. Acestea au aceeași întrebuințare ca și convertizoarele rotative sau vibratoarele, dar sînt mai sigure, deoarece funcționează fără piese în mișcare. Convertirea curentului continuu se obține prin întreruperea periodică a curentului introdus în primarul unui transformator de către unul sau două tranzistoare. Frecvența întreruperilor este în acest caz mult mai mare putînd ajunge pînă la 10 kHz, fiind obținută prin modificarea tensiunii aplicate la baza tranzistoarelor. Autorul explică modul în care se face închiderea și deschiderea circulației curentului prin tranzistoare, dînd și două scheme pentru executarea tipului asimetric, cu un tranzistor, și a celui simetric, cu două tranzistoare: se insistă asupra calității tolelor de transformator care trebuie să aibă curba histerezis cît mai dreptunghiulară, pentru ca saturația tolelor să se facă în mod brusc. Articolul se termină cu datele necesare construirii unui convertizor complex care, fiind alimentat de la o sursă de curent continuu de 24 V, convertește în curent alterativ de 220 V și apoi redresează din nou în curent continuu tot de 220 V. Puterea acestui redresor complex este de 108 W la frecvența de comutare de 280 Hz și cu un randament de 80 %.

W.T.

CZ 621.315.61 *Materiale izolante*

CZ 621.315.614.61.015.5.0.001.4

P o h l W. L a e g e l G. **Stabilirea tensiunii de ținere la cartonul izolant paralel cu direcția straturilor** (Bestimmung der Stehspannung von Hartpapier parallel Zur Schichtrichtung). În: Elektrie, **14**, nr. 9, sept 1961, 5 fig., 5 tab.

Cartonul izolant, fiind compus din straturi, prezintă preferințe de direcție atît pentru rezistența electrică, cît și pentru cea mecanică. Articolul tratează stabilirea tensiunii de ținere timp de 1, respectiv 5 minute, la diferite temperaturi. Conform prescripțiilor DIN sînt utilizate două feluri de electrozi: dopuri și plăci. Dezavantajele încercărilor prin acest sistem au condus la o nouă metodă prin care se taie în placa de carton izolant două crestături în care se introduc electrozii. Apoi placa* se introduce în ulei de transformator și se încălzește pînă la temperatura prescrisă de încercare (20 pînă la 90 sau 105°C). Sînt trecuți apoi timpii, într-o tabelă, după care, la anumite tensiuni de ținere, se produce străpungerea metarialului.

Se demonstrează apoi că, teoretic, relația dintre tensiunea de ținere x și timpul y pînă la străpungere este dată de: $y = a + b\,x$, adică de formula unei drepte. Parametrii a și b sînt stabiliți apoi prin metode matematic-statistice. Se ajunge la o nouă formulă a unei drepte, care ține cont și de valorile măsurate (dispersate în jurul punctelor teoretice).

Pentru practică însă nici cunoașterea acestei drepte „de regresiune" nu satisface, deoarece interesează acele valori de timp în care există siguranța că nu se produce străpungerea sau că probabilitatea străpungerii este $\leqslant 1\,\%$. Prin această prismă sînt privite considerațiile expuse în lucrare. Sînt prezentate apoi, pentru cele 3 temperaturi (20 pînă la 90 sau 105°C), diagramele arătînd relațiile (toate fiind linii drepte) dintre tensiunile de ținere și timpii pînă la străpungere.

Gh. C.

*După o tratare prealabilă conform normelor DIN.

CZ 621.316.5/9 *Aparate electrice*

CZ 621.316.57 : 621.316.925.43

E r k, A. **Intreruptoare limitatoare rapide, pentru instalații de curenți tari** (Strombegrenzende Schnellschalter für Starkstromanlagen). In: ETZ-A, vol. **7**, aprilie 1962, p. 169—174, 10 fig.

Articolul este de strictă actualitate, deoarece tratează problema înlăturării scurtcircuitelor la instalațiile electrice de mare putere. Se știe că tendința actuală este de a micșora volumul aparatajelor de măsură și control și, implicit, al încăperilor necesare pentru adăpostirea acestora deoarece se fac economii de materiale și se mărește posibilitățile de supraveghere. Bazat pe o bogată bibliografie, autorul tratează ultimele realizări în construcția aparatelor de limitare și întrerupere rapidă pentru înlăturarea defectelor de scurtcircuit. În introducere se trec în revistă metodele clasice întrebuințate în prezent, după care se prezintă avantajele întreruptoarelor limitatoare rapide intrate de curînd în exploatare. Deși pentru curent continuu se fabrică întreruptoare pentru curenți pînă la 12 000 A, la 1 500 V, cu timpul de întrerupere de 5—10 μs, ele nu pot servi la întreruperea curentului alternativ de scurtcircuit, care poate lua valori momentane chiar de 142 kA. Fabricarea noilor întreruptoare a fost posibilă prin introducerea de diverse sisteme care prelungesc întîi arcul de scurtcircuit, îi ridică tensiunea, apoi îl întrerup

cu ajutorul aparatajelor, al căror timp de întrerupere este de 50—100 μs, dar cu forțe de 5 000 kgf. Interesant că, în aceste sisteme, forța inițială de declanșare nu întrece 40—50 kgf, forță care produce deplasările de 0,2—30 mm ale organelor principale cu valori atingînd 5 000 kgf. Autorul mai analizează și celelalte aparataje componente, ca : stingătoarele de arc, sistemele de producere a forțelor, organele întreruptoarelor ultrarapide, și toate piesele componente.

W.T.

CZ 621.316.57.027.8

Intreruptoare de foarte înaltă tensiune. În : Electrical J., nr. 14, octombrie 1961, p. 838—839.

Se arată că în Anglia se preconizează ca pînă în 1965 să se construiască rețele electrice de foarte înaltă tensiune de 400 kV. Se descrie un nou tip de întreruptor automat care va lucra în sistemul de 400 kV —avînd timpul de rupere a curentului foarte scurt, curenți nominali de 2000 A și 4000 A și capacitate de rupere corespunzătoare curenților de 50—60 kA. Întreruptorul este cu aer comprimat. În cursul anului 1962 s-a lansat comanda de fabricație a 13 întreruptoare de 35 GVA din care 8 pentru un curent nominal de 4 000 A și 5 pentru un curent nominal de 2 000 A, cu tot aparatajul necesar pentru echiparea unei stații de comutare.

La construcția întreruptorului s-au utilizat o serie de ruptoare conectate în serie pe orizontală — ceea ce permite extinderea domeniului tensiunilor pînă la valorile cele mai mari. Ruptorul — executat ca o unitate de sine stătătoare, supus independent încercărilor complete din uzină — poate fi montat la locul de exploatare. Întreruptorul este comandat de la distanță și nu are separator. Există trei posibilități de aranjare a ruptoarelor, fie în formă de V, fie în formă de T, fie o combinație a acestora, corespunzătoare tensiunii nominale într-un spațiu minim.

Autorul descrie condițiile de funcționare a întreruptorului automat, insistînd asupra tipului constructiv de ruptor folosit.

Timpul de persistență a arcului electric este redus la o alternanță. Timpul total de rupere a întreruptorului este de 0,05 secunde, adică 2,5 perioade la frecvența de 50 Hz. Întreruptorul, folosește două tipuri de rezistență pentru condiții grele de funcționare și pentru condiții ușoare de funcționare.

În primul caz, întreruptorul poate rupe curenți puternici de scurtcircuit, iar în ultimul caz întreruptorul folosește rezistența pentru a putea întrerupe curenți inductivi mici. Pentru încercarea noului tip de întreruptor automat de înaltă tensiune pînă la 50 GVA la 500 kV s-a trecut la extinderea instalației existente, care este constituită din două alternatoare de 3 000 rot/min, la patru alternatoare, prevăzute cu transformatoarele aferente și cu tot echipamentul accesoriu rezistînd la încercări de tensiune pînă la 600 kV.

A. C.

CZ 621.316.935.3

L i h a c i o v, F. A. **Reglarea automată a curentului bobinelor de stingere la o punere la pămînt în rețea** (Avtomaticeskoe regulirovanie stoka dugogasiaskih katușek pri zamîkamikaniiah na zemliu v seti). In : Elektriceskie stanții, **32**, nr. 11, noiembrie, 1961, p. 61—64, 3 fig., 3 tab.

Bobinele de stingere se folosesc în rețelele de medie tensiune (6, 10, 15, 35 kV) pentru stingerea arcului determinat de curentul capacitiv care apare în cazul punerii la pămînt a unei faze.

Valoarea curentului de punere la pămînt variază cu lungimea liniilor legate la aceeași tensiune și se schimbă ca atare atunci cînd au loc deconectări sau declanșări de noi linii. În acest caz apare dereglarea bobinei care nu mai satisface condiția de stingere a curentului capacitiv. În lucrare, autorul, considerînd cazul bobinelor uzuale de construcție sovietică și străină, care au prize pentru reglarea inductanței, expune modalitatea de automatizare a acordului bobinei.

Sînt prezentate elementele de bază care intră în alcătuirea schemei. Se descriu apoi trei tipuri de scheme :

a — schema de tip autotransformator cu drosel în paralel cu reactanța unei derivații de reglaj al bobinei ;

b — schema cu două drosele conectate unul în serie cu reactanța derivației și altul în paralel, capetele fiind legate împreună la pămînt ;

c — schema cu drosel de tip blindat.

Se analizează funcționarea fiecărei scheme în parte, calculul lor de dimensionare, precum și calitățile funcționale pe care le posedă.

În tabele, pe baza calculelor, se dau valorile parametrilor bobinelor de stingere, caracteristicile droselului și curenții limită de stingere pentru diferite ramificații ale bobinei.

Pe baza calculelor făcute s-au construit aparate care au fost propuse pentru introducerea în exploatare.

P.B.

CZ 621.318.2 *Materiale magnetice*

CZ 621.318.22.001.5

F r a n ț i u, I., L o z i c i u, M., L a i n, N. **Contribuții la problema calității tablelor silicioase**. În: Metalurgia și Construcția de Mașini, **14**, 1 ian. 1962, p. 31—35, 3 fig., 2 tab., 5 ref. bibl.

Tablele folosite în construcția mașinilor și aparatelor electrice se clasifică, de obicei, după conținutul de Si în table silicioase dinamo (Si sub 2,5 %) și trafo (Si peste 2,8 %). Ele trebuie să aibă pierderi minime de energie în fier și permeabilitate și inducție magnetică ridicată. Calitățile mecanice ale tablelor silicioase sînt impuse în R.P.R. prin STAS 673-60. La recoacerea tablelor în cuptoare-tunel se măsoară (dificil) temperaturile din interiorul cuptorului. Omogenitatea pierderilor este mai bună la tablele răcite încet, în afara cuptorului, iar izotropia, la temperaturile 1 150—1 200 C. La măsurări făcute într-o uzină cu ferometrul alimentat din rețeaua uzinei valorile oscilează din cauza variațiilor din rețea. De aceea aparatele cu care se măsoară trebuie alimentate prin stabilizator, iar măsurările cu ferometrul vor fi verificate cu un aparat Epstein sau cu un vectormetru. În general, rezultă diferențe între valorile măsurate cu diferite aparate. Pierderile P 10/50 cresc cu creșterea conținutului de carbon. Răcirea înceată contribuie, pe lîngă îmbunătățirea proprietăților magnetice, la obținerea unor table plane. Cuptoarele tunel pentru recoacere trebuie echipate cu un reglaj automat al temperaturii. Răcirea trebuie făcută sub gaze de protecție. În viitor, oțelurile de transformator vor trebui elaborate în cuptoare sub vid. Elaborarea în vid permite reducerea conținutului de C (de la 0,01 la 0,02 %). Laminarea se va face întîi la cald, apoi la rece, în benzi late (240—1 000 mm) în rulouri, care se debitează ulterior în foi. Recoacerea se va face în atmosferă de protecție (N_2, H_2 sau vid) la 1 150 C și mai sus. Etapele de laminare (reducerea treptată a grosimii) vor fi alese rațional în scopul realizării unei texturi potrivite (orientată și parțial cubică). Vor fi introduse în fluxul tehnologic instalații pentru verificarea proprietăților magnetice. Oțelurile electrotehnice vor putea fi fabricate în țară după intrarea în funcțiune a Combinatului siderurgic de la Galați.

A.S.

CZ 631.32 *Lămpi electrice*

CZ 621.327.52.032.12 : 546.295

S o e d i c k e, W. **Stadiul tehnicii lămpilor „Xenon" în Germania** (Stand der Xenonlampentechnik in Deutschland). In : ETZ-B, **13**, nr. 10, sept. 1961, p. 481—484, 5 fig., 3 tab.

După un scurt istoric al lămpilor cu descărcări electrice în gaze și al lămpilor „Xenon", în special, sînt indicate avantajele acestora (culoarea luminii zilei, arderea liniștită a arcului și evitarea răspîndirii de impurități ca : cenușă, praf de cărbune etc.). Cel mai mic tip „XBO-150 W" este pe cale de a fi normat ca unitate (la controlul culorilor) lîngă lampa normată C. Pentru lămpile mai mari (pînă la 2 500 W) se prezintă o tabelă cu fluxul luminos, strălucirea etc., precum și cîteva indicații constructive privind evitarea fluxului magnetic transversal, provenit de la cablurile de alimentare. Utilizările acestei lămpi sînt foarte variate : reflectoare, proiectoare de teatru, faruri maritime, stații de televiziune, săli de operații etc.

Lămpile „Xenon" cu răcire cu apă prezintă avantajul unui randament luminos mai ridicat, al unui flux luminos mai mare și al unor dimensiuni reduse. Ele emit doar căldura conținută în radiațiile infraroșii de unde scurte. Căldura radiată, la lămpile cu răcire cu aer, de către globul de cuarț, în radiațiile infraroșii cu unde lungi este împiedicată prin răcirea cu apă. Într-o tabelă conținînd caracteristicile acestor lămpi găsim tipuri de 6 000 W și 215 000 lm. Acestea se fabrică în serie pentru curent continuu și curent alternativ. Urmează cîteva indicații constructive privind repararea arzătorului de la răcitor, a reflectorului și utilizarea lor.

Articolul se încheie cu observații privind construcția celor mai mari lămpi de acest fel (10, 20, 65 și 75 kW) utilizate îndeosebi la instalații speciale, cum ar fi pe stîlpi de 25—30 m înălțime sau în industria grafică.

CZ 621.35 *Electrochimie*

CZ 621.352.6

Justi E. **Pila de combustie.** In: Electrotechnische Zeitschrift, nr. 14, iulie 1961.

În articol se descriu diferitele tipuri de pile de combustie cu funcționare directă și indirectă, insistîndu-se în special asupra pilelor cu funcționare indirectă.

Se arată stadiul cercetărilor întreprinse și rezultatele obținute de diverși cercetători. Se descriu modurile de funcționare a celor mai uzuale tipuri de pile de combustie, arătîndu-se și aplicațiile lor practice. Astfel se arată că la o pilă de combustie cu funcționare directă, energia obținută pînă în prezent este de 9,4 kWh kg, precizîndu-se că centralele termoelectrice cele mai economice obțin dintr-un kilogram de cărbune, 3 kWh, adică 30 % din acesta în medie pe an.

Tensiunea pilei B.T.S. este de 1,05 V. Din cauza unor greutăți constructive și a unei instabilități în funcționare — de lungă durată — acest tip de pile de combustie în funcționare directă mai necesită unele perfecționări pentru a putea fi utilizate în practică. Se prezintă pila de combustie cu funcționare indirectă și se descriu diferitele construcții de pile — cu gaz sărac — de joasă și înaltă temperatură. O astfel de pilă consumă hidrogen și oxigen și are o tensiune la mers în gol de 1,13 V și un randament de 92 %. Astfel un electrod al pilei poate fi încărcat la $v_{max} = 700$ mA/cm² la temperatura de funcționare de 80 C — avînd rolul de acumulator de energie. O pilă de combustie se poate supraîncărca aproximativ de 6 ori, pe cînd la o suprasarcină în centralele termoelectrice este necesar să se pună în funcțiune generatoare electrice suplimentare. Caracteristicile diferitelor tipuri de pile de combustie cu gaz sărac:

a) Pila de combustie cu gaz sărac la temperatura ambiantă $t = 25$ C; $i_{max} = 50$ mA/cm²; $U = 0{,}8$ V. Dacă în locul oxigenului se folosește aerul, curentul maxim la creșterea temperaturii la 60 C crește la $i_{max} = 200$ mA/cm².

b) Pila cu gaz sărac cu membrană schimbătoare de ioni. La durata de funcționare $i_{max} = 5$ mA/cm²; pentru funcționarea de 1 minut $i_{max} = 30$ mA/cm².

c) Pila cu gaz sărac la temperaturi mijlocii. Presiunea de lucru 50 ata. Electrozii pilei lui Bacon sînt din pulbere de carbonat-nichel. Temperatura de lucru 200÷250 C și $i_{max} > 100$ mA/cm².

d) Pila cu gaz sărac la temperaturi înalte cu electrozi semisolizi. Temperatura de lucru a electrozilor 700 C. Pila (G.S.) furnizează în regim de durată circa 3 mA/cm², iar în decurs de 10 minute, de zece ori mai mult, fără efecte secundare dăunătoare.

Pila de combustie cu gaz sărac la joasă temperatură este experimentată pe un tractor electric. Tractorul este acționat de 1 008 elemente, fiecare avînd dimensiunile 30 mm × 30 mm 8 mm. Alimentarea pilei se face cu un amestec de propan (C_4H_8) și hidrogen (H_2), îmbuteliat sub scaunul șoferului. Puterea maximă a tractorului este de 15 kW, greutatea de 2 390 kg revenind mai mult buteliilor de oxigen (O_2). Randamentul instalației 32 %. Elementele de combustie sînt aranjate în 112 blocuri formate din cîte nouă bucăți pe patru stative, și pot fi conectate în paral l, în serie sau pot fi conectate pentru mersul înainte sau înapoi al tractorului.

A.C.

CZ 621.372 *Circuite oscilante*

CZ 621.384.3 : 535.241.432—1

Klinger, H. H., **Proprietățile și utilizarea razelor infraroșii** (Eigenschaften, Nachweis und Anwendung infraroter Strahlen). În: ETZ-B, 13, nr. 24, nov 1961, 3 fig., 3 diagr.

Razele infraroșii cu lungimi de undă între 0,72 μm și 1 mm au fost descoperite în anul 1800 în spectrul solar, dar au fost studiate mai deaproape și utilizate abia după ultimul război mondial. Orice corp, care nu este răcit la zero absolut, emite unde electromagnetice, cu lungimi care sînt în funcție de temperatură. O diagramă ne arată că la un corp negru maximum de energie emisă se produce pe unde cu atît mai scurte cu cît temperatura corpului este mai ridicată. Cu generatorii moleculari (Maser) s-a reușit să se producă pe cale electrică vibrații cu lungimi de unde din domeniul infraroșului și chiar din porțiunea vizibilă a spectrului.

Sînt descrise apoi principalele două sisteme pentru dovedirea (detectarea) razelor infraroșii: detectoarele termice și cele fotoelectrice. Dintre detectoarele termice fac parte bolometrele, la care un conductor subțire își schimbă rezistența, încălzit fiind de razele infraroșii, și „termo-crucile" la care se măsoară tensiunea termoelectrică produsă. Celula lui Golay este un detector pneumatic, unde dilatarea gazului încălzit de razele infraroșii rotește o mică oglindă, care dă măsura radiației. Sînt descrise apoi detectoarele bazate pe fenomenele fotochimice (plăci fotografice) și fotoelectrice (tuburi transformatoare de imagini sau celule din Pb—S etc.). Pentru selecționarea razelor infraroșii de o anumită lungime de undă se utilizează filtre de absorbție sau cu interferență.

În ce privește utilizarea razelor infraroșii sînt indicate cîteva exemple, cum ar fi: măsurarea temperaturii în timpul topirii sticlei sau metalelor și comanda diferitelor procese în fabricarea textilelor și materialelor plastice. O importanță deosebită o au razele infraroșii în orientarea navelor. Aici sînt descrise aparatele „pasive" la care nava recepteaza razele infraroșii, cu ajutorul unei oglinzi parabolice, și aparatele „active", unde nava emite un mănunchi de raze infraroșii spre un punct care le reflectează. În sfîrșit, autorul tratează utilizarea acestor raze în telecomunicații, arătînd că razele infraroșii vor căpăta o importanță deosebită în tehnica cosmosului (transmiterea de știri între sateliți etc.), datorită faptului că aceste raze nu sînt slăbite prin dispersiune sau absorbțiune în spațiul interplanetar.

Gh. C.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. dr. ing. PL. ANDRONESCU, prof. dr. ing. I. S. ANTONIU, prof. dr. ing. A. AVRAMESCU, membru corespondent al Academiei R. P. R. (redactor responsabil), ing. V. BUNEA, Laureat al Premiului de Stat, prof. dr. ing. V. COR ĂTEANU, ing. ȘT. GROSU, conf. ing. GH. HORTOPAN, Laureat al Premiului de Stat, conf. ing. G. LAZARIDE, prof. dr. ing. R. RĂDULEȚ, membru corespondent al Academiei R.P.R., Laureat al Premiului de Stat.

Revista „Electrotehnica", organ al Ministerului Metalurgiei și Construcțiilor de Mașini și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R P R. — Redacția și administrația, București, str. Ion Ghica nr. 3, Raion Tudor Vladimirescu. Telefon: 13.84.16. Revista este editată de M.M.C.M. Abonamentele se primesc la Administrația revistei. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinetele tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice MMCM — cont 070149 B.R.P.R. — Filiala 30 Decembrie, București. Tarif pentru întreprinderi: 100 lei anual; tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 80 anual. Costul unui exemplar lei 5. Tiparul: Întreprinderea Poligrafică nr. 2, str. Brezoianu nr. 23—25, București. c. 4081.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.313.333 : 621.317.381

Bălă, C., Bărgăuanu, M. : **Непосредственный экспериментальный метод определения механической характеристики электрических двигателей.**

Electrotehnica 10 (1962) 12, 437—440

В статье предлагается совершенно новый осцилографический метод построения механической характеристики двигателей при холостом ходе; для измерения момента применяются пьезоэлектрические датчики, а для измерения скорости — тахогенератор постоянного тока.

Метод был применен для построения кривой момента функции скольжения для синхронных двигателей средней мощности румынского и зарубежного производства.

В работе приводятся осциллограммы, а также даются заключения относительно применения этого метода.

ДК 621.314.212.002.2

Năzdrăvan, I., Toma, Gh., Şarpe, M. и *Rădulescu, C.* : **Конструктивные, технологические и производственные принципы единой серии трансформаторов с алюминиевыми обмотками мощностью до 1 600 ква и напряжением до 35 кв.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, 441—449

Излагаются конструктивные и технологические соображения, которые легли в основу изготовления единой серии. Показывается конструкция различных узлов, причем выделяются в каждом ансамбле общие элементы для нескольких трансформаторов, позволившие типизацию технологиии и применение непрерывно-поточного производства. Подчеркиваются экономические, технологические и производственные преимущества освоения единой серии трансформаторов.

ДК 621.315.616.9 : 621.313.045

Lefter, V. : **Применение современных электроизолирующих материалов в электромашиностроении.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, 449—454

Автор исследует составные элементы изоляции электрических машин на основе общей схемы изоляции, действительной как для машин постоянного тока, так и для машин переменного тока. После просмотра главных типов электроизолирующих материалов высшего класса изоляции, чем класс А, применяемых в электромашиностроении, автор показывает эволюцию использования этих материалов в периоде 1960—1965 гг. и предлагает схемы изоляции классов Е, В и F и рекомендации для класса Н.

ДК 621.315.611 : 621.317.333.1

Popescu, Ch., Raicu, V., Lefter C. : **Ускоренные функциональные испытания по долговецности электроизоляционных материалов.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, 454—462

В течение последнего 10-летия во многих странах производящих электрические машины и приборы, проводятся ускоренные функциональные испытания материалов и систем электроизоляционных материалов, с целью определения в кратчайший сроких долговечности в условиях аналогичных с эксплуатационными. В статье приводятся закономерности функциональных испытаний, способ их осуществления для изоляционных систем асинкронных электрически двигателей 1—40 л.с. с обмоткой из мягких катушек и результаты полученные после ряда циклов подобных испытаний, проведенных на двигателях, а также сопоставление между ними.

ДИСКУССИИ

ДК 621.313.322.029.45 : 533.521.3

О теории трехфазного генератора высокой частоты

Electrotehnica *10* (1962) 12, 463

ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО, 463—464
РЕЦЕНЗИИ, 465
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ 466
ХРОНИКА, 467—468
РЕФЕРАТЫ, 468—472

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.313.333.621.317.681

Bălă, C., Bărgăuanu, M. : **Ein direktes experimentales Verfahren zur Bestimmung der mechanischen Kenndaten der Elektromotoren.**

Electrotehnica *10* (1962) 12, 437—440

Es wird ein neuartiges Registrierungsverfahren zur Aufnahme der mechanischen Kenndaten der Elektromotoren beim Leeranlauf vorgeschlagen. Zum Messen des Drehmoments werden piezoelektrische Umformer und zur Geschwindigkeitsmessung ein Gleichstromtachogenerator verwendet. Das Verfahren wurde zur Steigerung des Drehmoments im Verhältnis zum Bremsmoment der mittelstarken in Rumänien oder Ausland gebauten Elektromotoren angewandt.

Es werden die erzielten Oszillogramme und Schlussfolgerungen betreffend die Anwendung dieses Verfahrens dargelegt.

DK 621.314.212.002.2

Năzdrăvan, I., Toma, Gh., Sarpe, M. und *Rădulescu, C* : **Konstruktions-und Erzeugungs-Grundsätze für die Transformatoren-Einheitsreihe mit Aluminiumwicklungen für Leistungen bis 1600 kVA und Spannungen bis 35 kV.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, 441—449

Der Aufsatz erörtert die für Konstruktion, Bau und Erzeugung der mit Aluminiumwicklungen ausgerüsteten Transformatorenreihe für Leistungen bis 1600 kVA und Spannungen bis 35 kV massgeblichen Grundsätze. Es wird am Beispiel einiger Bauelemente das Vorhandensein gemeinsamer Teile für die Elemente mehrerer Transformatoren nachgewiesen, wodurch die Einführung der Normung und der laufenden Erzeugung ermöglicht werden. Es werden die sich aus der Transformatorenreihe ergebenden wirtschaftlichen und technischen Vorteile aufgezeigt.

DK 621.315.616.9 : 621.313.045

Lefter, V. : **Die Anwendung moderner elektrisch isolierender Stoffe beim Bau elektrischer Maschinen.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, 449—454

Der Verfasser untersucht auf Grund eines für Gleich — und Wechselstrom anwendbaren allgemeinen Isolierungsschemas die Bestandteile der Isolierung elektrischer Maschinen. Nach einem Überblick über die wichtigsten Typen für den Bau elektrischer Maschinen verwendeter Isolierstoffe aus den der Klasse A übergeordneten Klassen weist der Verfasser auf die wahrscheinliche zukünftige Entwicklung im Bezug auf die Anwendung dieser Stoffe in den Jahren 1960—1965 und gibt Lösungen für Isolierungsschemas der Klassen, E, B und F sowie Empfehlungen für jene der Klasse H.

DK 621.315.611 : 621.317.333.1

Popescu, C., Raicu, V., Lefter, C. : **Beschleunigte Betriebsversuche zur Bestimmung der Lebensdauer der elektrischen Isolationsstoffe.**

Electrotehnica *00* (1962), 12, 454—462

In den letzten Jahren werden in den meisten Industrieländer für elektrische Maschinen und Apparate beschleunigte Betriebsversuche von elektroisolierenden Stoffen und Stoffsystemen vorgenommem, um in kurzer Zeit die Lebensdauer dieser Stoffe unter den Betriebsbedingungen zu bestimmen. Es werden die Grundlagen der Betriebsversuche und die Verfahren für Isolationssysteme beschrieben, die für Asynchronmotoren von 1—40 PS mit weichen Wicklungen bestimmt sind. Ferner werden die erzielten Ergebnisse, die durch Versuchsfolgen an Blechpaketen bzw. an ganzen Motoren erzielt wurden, wie auch die gegenseitigen Beziehungen dargelegt.

MEINUNGSAUSTAUSCH

DK 621.313.322.029.45 535.521.3

Theoretische Erwägungen betreffend den Hochfrequenz-Drehstromgenerator.

Electrotehnica *10* (1962) 12, 463

ERFINDUNGEN, 463—464
BUCHBESPRECHUNGEN, 465
KURZE NACHRICHTEN, 466
CHRONICK, 467—468
REFFERATE 468—472

SOMMAIRE

CD 621.313.333 : 621.317.381

Bălă, C., Bărgăuanu, M. : **Une méthode expérimentale directe pour déterminer la caractéristique mécanique des moteurs électriques.**

Electrotehnica (1962) 12, 437 – 440

On propose une méthode oscillographique inédite pour la détermination de la caractéristique mécanique des moteurs électriques pendant le démarrage à vide; on emploie des traducteurs piézoélectriques pour évaluer le couple et une tachygénératrice à courant continu pour mesurer la vitesse. La méthode a été mise en pratique afin d'établir la courbe du couple en fonction du glissement pour les moteurs asynchrones de puissance moyenne, fabriqués en Roumanie ou à l'étranger. On présente les oscillogrammes etablis, ainsi que quelques conclusions concernant l'application de la méthode proposée.

CD 621.314.212.002.2

Năzdrăvan, I., Toma Gh., Sarpe, M. et *Rădulescu, C* : **Les principes constructifs, technologiques et de fabrication de la série unitaire de transformateurs à enroulement en aluminium jusqu'à 1 600 kVA et 35 kV.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, p. 441 – 449

L'article énumère les considérations constructives et technologiques qui ont servi à la fabrication des transformateurs. On explique la construction des différents sous-ensembles indiquant les éléments communs des transformateurs de chaque ensemble. Ainsi on a obtenu la normalisation technologique et on a créé la possibilité d'adopter un flux de fabrication continue. L'article souligne les avantages économiques, technologiqes et de fabrication de la série unitaire de transformateurs.

CD 621.315.616.9 : 621.313.045

Lefter, V : **L'utilisation des matériaux électroisolants modernes pour les machines électriques.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, p. 449 – 454

Prenant comme point de départ un schéma d'isolation valable pour les machines à courant continu ainsi que pour les machines à courant alternatif, l'auteur analyse les éléments de l'isolation des machines électriques en général. Il énumère les principaux types de matériaux électroisolants de classe supérieure à la classe d'isolation A utilisée dans la construction des machines électriques. L'auteur présente l'évolution de l'emploi de ces matériaux pendant la période 1960 – 1965, propose des solutions de schémas d'isolation pour les classes E, B et F et des recommandations pour la classe H.

CD 621.315.611 : 621.317.333.1

Popescu, Ch, Raicu, V., Lefter, C. : **Les essais fonctionnels accélérés en vue d'établir la durée d'utilisation des isolateurs électriques.**

Electrotehnica 10 (1962) 12, 454 – 462

Depuis dix ans on exécute, dans la plupart des pays producteurs de machines et d'appareils électriques, des essais fonctionnels accélérés afin de déterminer rapidement, dans des conditions analogues avec celles qui existent dans l'exploitation, la durée d'utilisation des isolateurs et des systèmes d'isolateurs électriques. L'auteur précise les principes des essais fonctionnels et la manière d'exécuter ces essais pour les systèmes d'isolateurs destinés aux moteurs électriques asynchrones de 1 – 40 CV, avec enroulements électriques de bobines à fer doux; de même, il indique les résultats obtenus après plusieurs cycles d'eesais faits sur des motorettes, ainsi que la corrélation de ces résultats.

DISCUSSIONS

CD 621.313.322.029.45 : 535.521.3

Sur la théorie des génératrices électriques triphasées de haute fréquence.

Electrotehnica 10 (1962) 12, 463

INVENTIONS, 463 – 464
COMPTES RENDUS, 465
BREVES NOUVELLES, 466
CHRONIQUE, 467 – 468
EXTRAITS, 468 – 472

CONTENTS

DC 621.313.333 : 621.317.381

Bălă, C., Bărgăuanu, M. : **A direct experimental method of determining the mechanical characteristic of electrical motors.**

Electrotehnica *10* (1962) 12, 437 – 440

An original oscillographic method is suggested to measure the mechanical characteristic of electric motors at starting without load; piezo-electric transducers are used to measure the torque and a direct current-tachogenerator for measuring the speed. The method has been applied for determining the torque curve as a function of slipping in medium power asynchronous motors manufactured in the Rumanian People's Republic and abroad.

Registered oscillograms are presented in the final part of the paper, as well as conclusions concerning the application of this method.

DC 621.314.212.002.2

Năzdrăvan, I., Toma, Gh., Şarpe, M. and *Rădulescu, C.* : **Building, technological and manufacturing rules of a transformer series with aluminium windings reaching 1 600 kVA and 35 kV.**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, 441 – 449

Some building, technological and manufacturing rules for constructing transformer series with aluminium windings reaching 1600 kVA and 35 kV, are exposed in this article. The authors submit the technological and constructive ideas applied to the manufacturing of a transformer series. They show the construction of some sub-assemblies and point out common elements of each assembly used for several transformers, allowing thus the adoption of a standard technology and of a continuous manufacturing flux. They also underline the economical and technological advantage to be obtained by acheiving these transformer series.

DC 621.315.616.9 : 621.313.045

Lefter, V. : **New insulating materials used in the construction of electric machines**

Electrotehnica, 10 (1962) 12, 449 – 454]

The author investigates the component elements of electric machine insulation taking account of a general insulation scheme applicable to d.c. as well as to a.c. machines. After examining the principal types of electric insulating materials superior to class A and the development of the same in 1960 – 1965, the author describes several insulating schemes for class E, B and F and gives some suggestions for class H.

DC 621.315.611 : 621.317.333.1

Popescu, Ch., Raicu, V., Lefter, C. : **Accelerated functional tests on the lifetime of electric insulants.**

Electrotehnica 10 (1962) 12, 454 – 462

Different accelerated functional tests on electroinsulating materials and systems of materials have been carried out in several electric machine and apparatus producing countries over the last ten years in order to promptly determine the lifetime of such materials under conditions similar to working ones.

Some indications are given concerning the basic principles of duty tests, the way of performing them in the case of insulating systems intended for 1 – 40 HP asynchronous motors with soft coil windings. Results are given of such cycles of tests conducted on motors as well as intercorrelations found.

DISCUSSIONS

DC 621.313.322.029.45 :355.521.3

On the theory of high-frequency tri-phase generator.

Electrotehnica 10 (1962) 12, 463

PATENTS, 463 – 464
REVIEWS, 465
BRIEF NEWS, 466
CRONICLE, 467 – 468
ABSTRACTS, 468 – 472

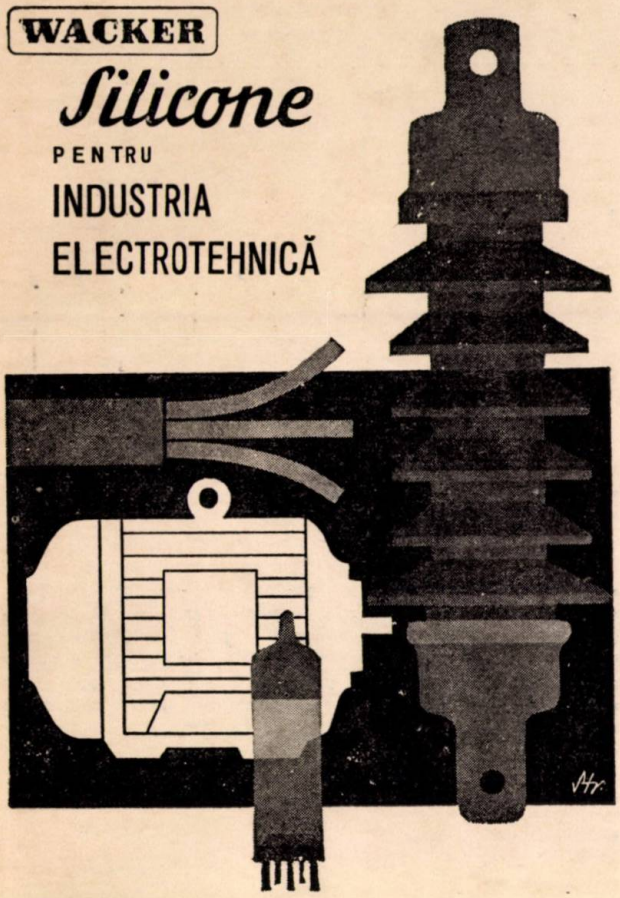
WACKER

Silicone

PENTRU

INDUSTRIA

ELECTROTEHNICĂ



Răşini siliconice

De exemplu drept lacuri de impregnare pentru electromotoare şi transformatoare solicitate la temperaturi înalte şi pentru impregnarea de vată de sticlă şi mică.

Cauciucuri siliconice vulcanizate la rece

Drept masă de acoperire şi turnare pentru piese electrice de înaltă calitate pentru a le feri de umezeală, lovire şi vibraţii şi drept material elastic de formare.

Cauciucuri siliconice vulcanizate la cald

Pentru piese de formă şi de stropire, cu proprietăţi mecanice fizice şi electrice optime.

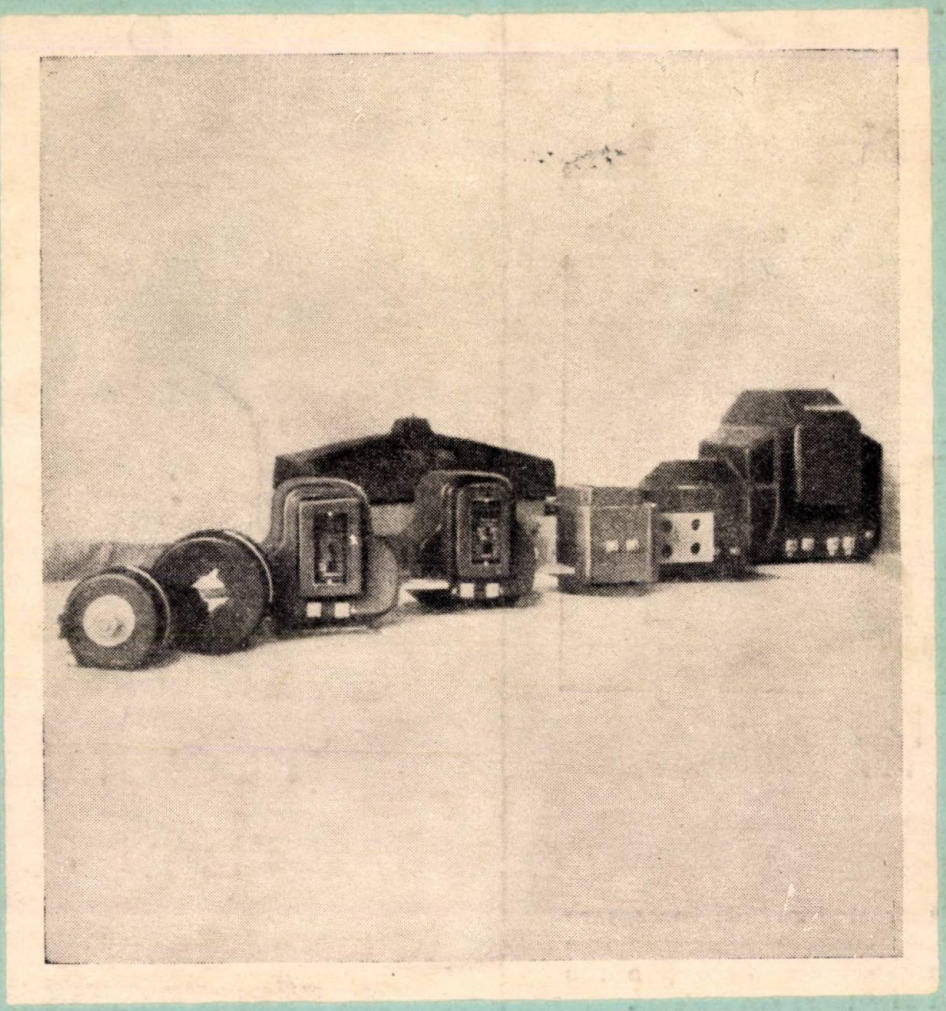
Vă sfătuim cu plăcere şi vă punem la dispoziţie prospecte.

WACKER

WACKER–CHEMIE GMBH

München 22, Căsuţa poştală 1

REPUBLICA FEDERALĂ GERMANĂ

Abonaţi-vă la revistele:

- METALURGIA ŞI CONSTRUCŢIA DE MAŞINI
- ELECTROTEHNICA
- AUTOMATICA ŞI ELECTRONICA